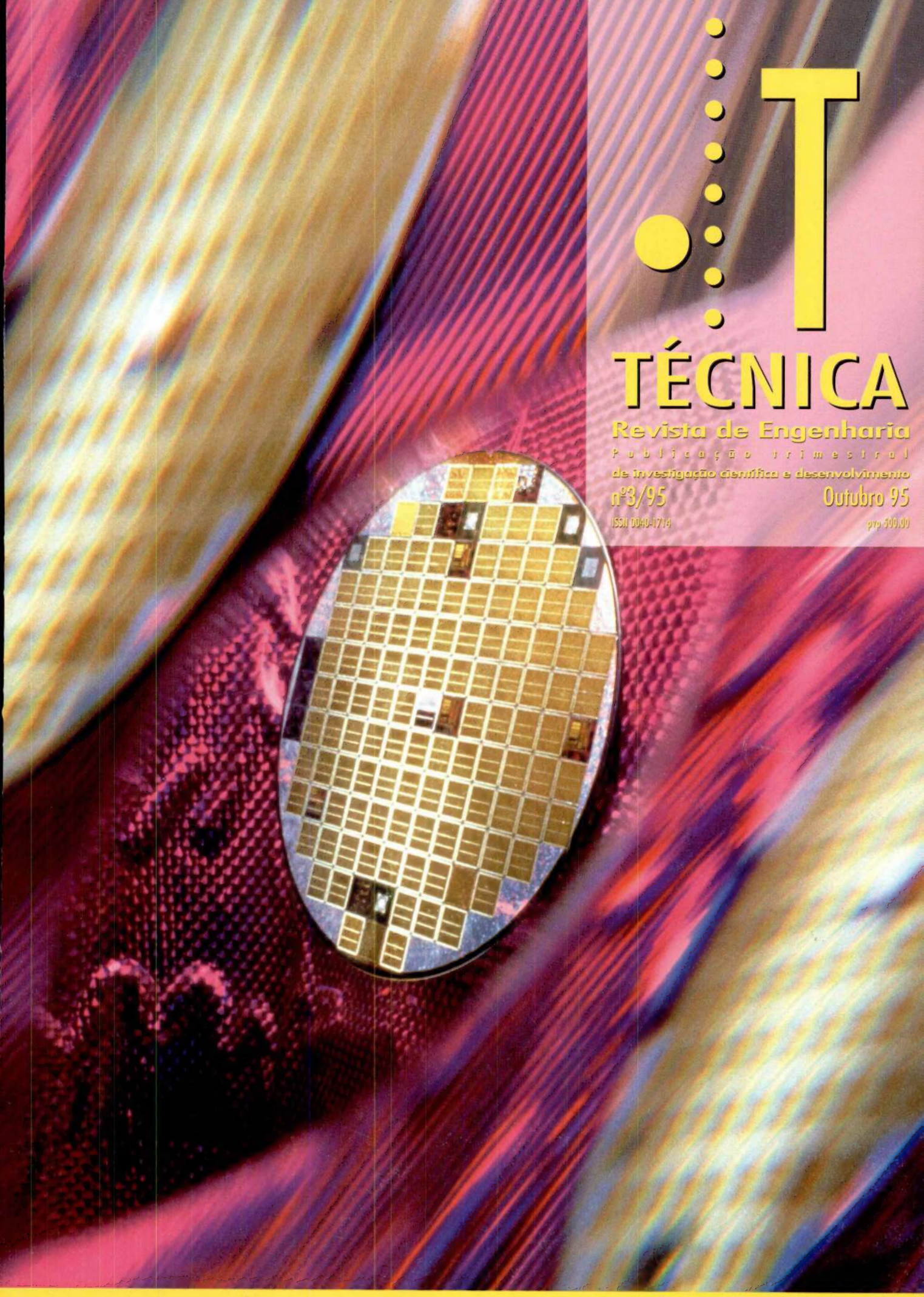
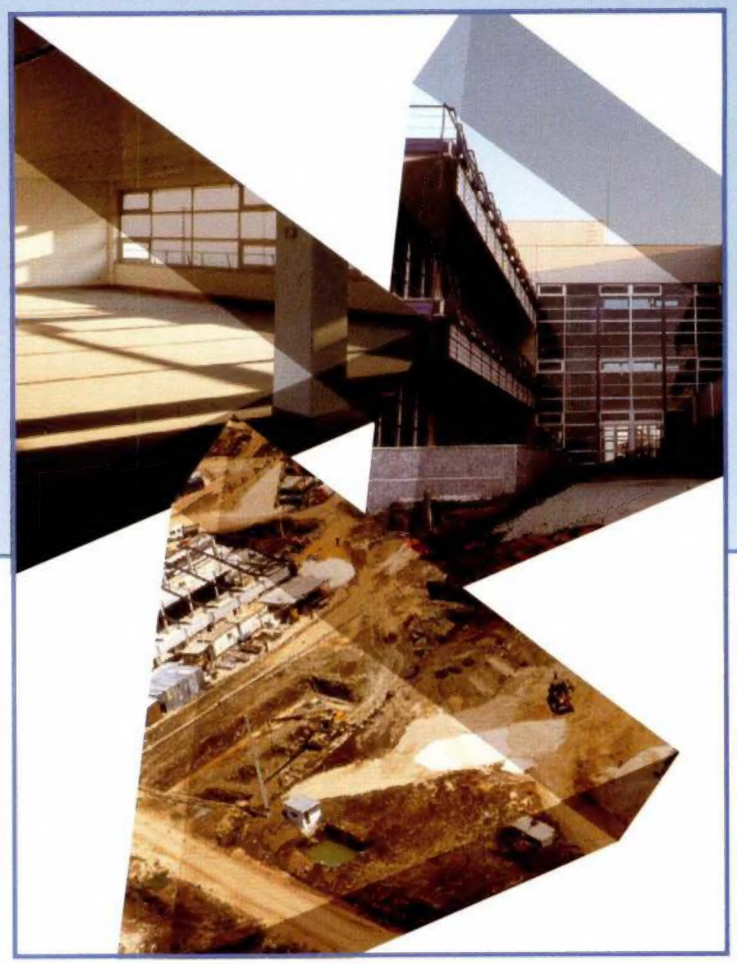


TÉCNICA

Revista de Engenharia

Publicação trimestral
de investigação científica e desenvolvimento
nº3/95 Outubro 95
ISSN 0040-1714
pvp 500.00



Utentes em lote próprio:

ALA Associação de Laboratórios Aeroespaciais (em projecto)

BCP Banco Comercial Português (já parcialmente instalado)

CGD Caixa Geral de Depósitos (em concurso)

CNIG Centro Nacional de Informação Geográfica (em projecto)

EDP Electricidade de Portugal, S.A. (em projecto)

ICTPOL Instituto de Ciência e Tecnologia de Polímeros (em projecto)

INESC Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (em obra)

INTERG Instituto da Energia (em projecto)

ISQ Instituto de Soldadura e Qualidade (já instalado)

IST Instituto Superior Técnico (em projecto)

PT Portugal Telecom, S.A. (em projecto)

SIBS Sociedade Interbancária de Serviços, S.A. (em concurso)

UTL Universidade Técnica de Lisboa (em projecto)

Utentes em regime de arrendamento:

ABSORSOR Engenharia Acústica, Vibração e Ambiente, Lda.
AMBISEGUR Projectos, Consultoria e Auditoria em Segurança e Ambiente S.A.
CONSULPAV Consultores e Projectistas de Pavimentos, Lda.
CONVEX Supercomputer Portugal, Lda.
ELECTROCLORO Soc. de Estudos, Equipamentos e Instalações, S.A.
ENERSIS Energia e Sistemas, S.A.
ESTEC Estudos e Tecnologias da Informação, S.A.
EUROCONTROL Engenharia de Sistemas, Controlo e Equipamentos, Lda.
EUROLAN Soluções Informáticas, Lda.
EUROTELECOM Sistemas de Telecomunicações, Lda.
FADO Informática e Sistemas, Lda.
FATRÓNICA Fabrico de Artigos Electrónicos, S.A.
GEOMETRAL Técnicas de Medição e Informática, S.A.
IGRED Internacional, Gestão, Recuperação, Estratégia e Desenvolvimento da Empresa, S.A.
INTERGRAPH (PORTUGAL) Sistemas de Computação Gráfica, S.A.
TECNET Consultores em Tecnologias da Informação, Lda.
LASERDATA Importação e Exportação de Produtos Informáticos e Consultadoria, Lda.
MARCONI Laboratório de Calibração e Manutenção, S.A.
NORELCO Equipamentos Eléctricos, Lda.
NOVAGEO Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Lda.
PAULO M. S. D. PEDRO Automação Doméstica e Industrial
SQÉDIO Design Industrial, Lda.
TECMIC Tecnologias de Microelectrónica, S.A.
TERRACARTA Consultoria Geomática, Lda.
UNIFINA Sociedade Financeira de Aquisições a Crédito, S.A.

(Mais de 1995)

... e há um tempo de concretização.

TAGUSPARQUE, S.A.
Taguspark - Parque de Ciência e Tecnologia
Núcleo Central, 100
2780 OEIRAS

Tel.: 422 69 31 • Fax: 422 69 36

TAGUSPARK
PARQUE DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

O Espaço das Sinergias em Oeiras

índice

Editorial 3

ARTIGO CONVIDADO

Que Futuro para a Investigação em Engenharia Civil: E.R. de Arantes e Oliveira 5

NOTAS BREVES

Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas de Portugal: Doutor J.P. Cárcomo Lobo Ferreira 21

RPM – Redew Inter-Universitária Portuguesa para a promoção e difusão das tecnologias Microelectrónicas: Prof. Epifâneo da Franca e Eng.ª Rosário Pinto 22

COMUNICAÇÕES CIENTÍFICAS

The Relevance of Non-imaging optics for solar energy: a review: Manuel Collares Pereira 25

Geometrical relations for non-inertial observers: M. Hermínia Marçal 31

Propagação de erros em problemas de mínimos quadrados: Diogo Luís Aguiar Gomes 37

On the theory of the rotating ring-disc Electrode: P.S.D. Brito, R.M.M. Antunes and C.A.C. Sequeira 43

Incêndios em núcleos urbanos antigos verificação da segurança contra incêndios na Mouraria: José Manuel Felizardo Gonçalves 49

FICHA TÉCNICA:

TÉCNICA, Revista de Engenharia
Publicação trimestral - p.v.p. 500$00
distribuição gratuita aos sócios da AEIST e aos docentes do IST
ISSN 0040-1714
Depósito legal 85 962/95
Registo de Imprensa 101407

Propriedade
Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, P – 1000 Lisboa, Portugal
Contrib. N.º 501 055 606

Administração, Serviços Comerciais e Assinaturas
Av. Rovisco Pais, P - 1000 Lisboa, Portugal
Telef: 351 -1- 848 10 18/841 74 10
Fax: 351 -1- 847 40 14/849 92 47
Correio Electrónico – aeistdoc © eta.ist.utl.pl

Direcção
Director Científico: Manuel Abreu Faro
Director Executivo: Luís Lopes
Vogais: Diogo Gomes e João Paulo Santos
Secretariado: Paula Carvalho

Concepção Gráfica
Traça Design
Praça da Alegria, 6 - 2.º Esq. – 1200 Lisboa
Telef: (01) 343 13 21
Fax: (01) 343 13 24

Publicidade
Dossier Comunicação e Imagens, Lda.
R. Eça de Queirós, 18 – 2.º Lisboa
Telef: (01) 355 92 94/5 – 353 73 21
Fax / Telef: (01) 353 73 16

Execução Gráfica
Gráfica Maiadouro, S.A.
VERMOIM – 4470 Maia
Telef. (02) 948 02 45/948 88 05
Fax: (02) 948 77 07
Delegação em Lisboa
Telef. (01) 796 92 10/795 53 00
Fax: (01) 796 92 79
Tiragem: 5000 ex.

TIB / Dominique Sarraute

Apoio
Conselho Directivo do Instituto Superior Técnico

Superlógica
Supermercado de Informática

Confie nas garantias HP

NOVA

A nova impressora da HP fácil de utilizar

- Impressão a preto de qualidade profissional com a tecnologia de aperfeiçoamento da resolução HP - Ret para contornos mais nítidos.
- Tecnologia ColorSmart da HP para obter a melhor cor.
- Imprime numa grande variedade de papéis (tipos e tamanhos).
- Modo Econofast para impressões rápidas
- Fórmulas de tintas especiais que lhe oferecem o melhor contraste em papel.
- Kit de cores opcional.
- Resolução até 600 x 600 a preto e 600 x 300 a cores.
- Velocidade até 4 ppm a preto e 1 ppm a cores.
- Compatível com Windows 95.
- Garantia de **3 anos**.

HEWLETT PACKARD

Revendedor Autorizado

HP DeskJet 600

GARANTIMOS OS MELHORES PREÇOS

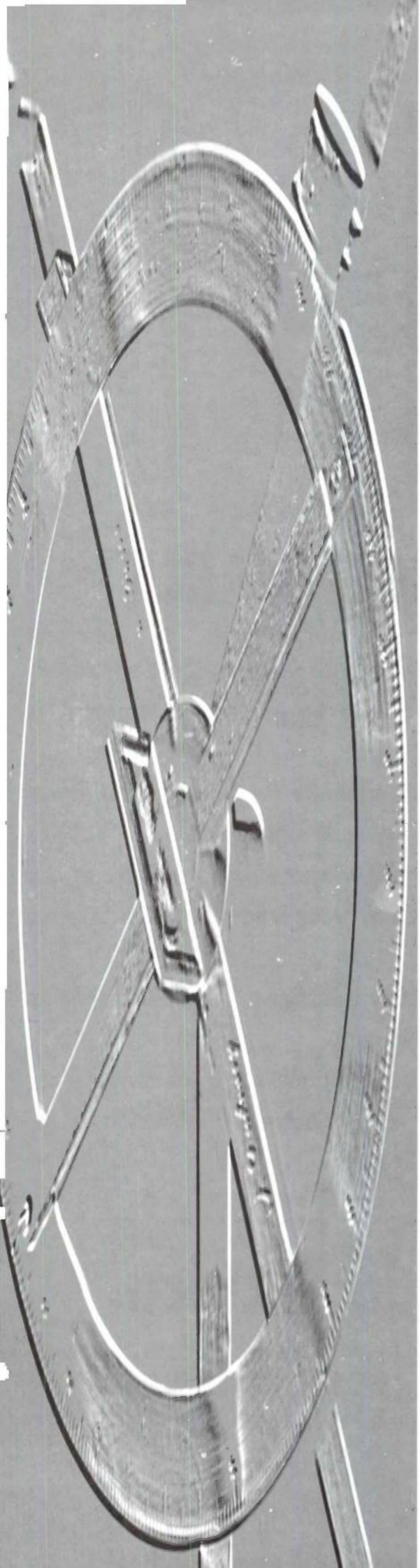
LISBOA
Rua Visconde Seabra, 4A
1700 Lisboa
Tell. 796 09 64 • Fax 794 05 05
[Junto à Estação de Entre-Campos]

ALFRAGIDE
Rua Quinta do Pinheiro, 12
Alfragide - 2795 Carnaxide
Tell. 416 96 00 • Fax 417 50 03
[Junto ao JUMBO de Alfragide]
Aberto ao Sábado

CASCAIS
CascaiShopping
LOJA 67 - A

PORTO
Rua Fonseca Cardoso 392 1º Dto
4000 Porto
Tell. 02 - 31 16 66 • Fax 02 - 31 19 47
[à Rua Faria Guimarães]

BRAGA
Praça Dr. Francisco Araújo Malheiro, 74
4710 Braga
Tell. 053 - 61 06 26 • Fax 053 - 61 98 67
[estrada do Bom Jesus]



EDITORIAL

1995,
a Técnica faz 70 anos.
No último número deste ano
comemora-se este facto.
Resistimos à vertigem de anunciar,
invadir o futuro,
mas buscámos, no passado, indícios de futuro:
Augúrios fortes de perenidade
no desejo-profecia do primeiro número;
Artigos notáveis, actuais e oportunos
de professores insignes desta Escola,
anunciando a Ciência Nova da Séc. XX,
discutindo problemas candentes da Engenharia Portuguesa.
Se desta actividade
se infere
o nível científico e técnico do I.S.T.,
infere-se também
o que, de idêntico,
se construiu para a Técnica.
Hoje, evidência do presente,
marca maior do futuro que começa, assinalamos a confiança
com que os alunos de pos-graduação nos procuraram.
A sua contribuição nunca terá a restrição
da quantidade
mas e só a aceitação da qualidade.
Nesta comemoração,
nesta atitude,
sentimo-nos gratamente acompanhados
pelo Conselho Científico do I.S.T.,
pela Presidência da A.E.I.S.T.,
por aqueles que, começando,
começam também
a sentir a importância de publicar

TÉCNICA
Revista de Engenharia
Publicação trimestral
de investigação científica e desenvolvimento

UMA REVISTA DE ENGENHARIA

A Técnica, Revista de Engenharia, tal como a Associação dos Estudos do Instituto Superior Técnico, onde se integra, acompanha, desde os primeiros tempos, a vida do Instituto.

Das suas páginas constam artigos científicos e técnicos de flagrante actualidade quantas vezes pioneiros, entre nós, de ciência nova e de novas tecnologias.

A revista tem uma periodicidade de quatro números por ano e está estruturada em perfeita adequação à intensa actividade de investigação e desenvolvimento que hoje se processa no campus de Instituto Superior Técnico.

Compreende, assim artigos convidados, comunicações científicas originais e notícias sucintas e rigorosas sobre ciência, tecnologia e desenvolvimento.

Trata-se, pois, de uma revista científica de nível o que não impede a colaboração de estudantes desde que devidamente credenciados por investigadores qualificados e de reconhecido mérito.

Torne-se assinante da Técnica.

Para mais informações contacte-nos pelo telefone 351-1-848 10 18 / 841 73 62 ou fax 351-1-847 40 14 / 849 92 42 ou escreva-nos para: Técnica, Revista de Engenharia, Av. Rovisco Pais n.° 1, P-1098–Lisboa CODEX
Publicidade: DOSSIER – Comunicação e Imagem, Lda., R. Eça de Queirós, 18 - 2.° 1000 Lisboa
Telefs. (01) 355 92 94/5 - 353 73 21 – Fax/Telef. (01) 353 73 12

QUE FUTURO PARA A INVESTIGAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

E.R. de Arantes e Oliveira

INTRODUÇÃO

Convidou-me a TÉCNICA a escrever um artigo prospectivo sobre a investigação em engenharia civil.

Embora escrever sobre o futuro seja sempre difícil e arriscado, resolvi aceitar.

Isto por três razões: primeiro, porque já antes, há cerca de três anos, ousara, também a convite da TÉCNICA, elaborar um trabalho [1] sobre o futuro da própria engenharia civil, de que o presente, que foca a actividade de investigação na mesma área, pode considerar-se uma continuação; segundo, porque disponho de algumas bases, tais como esse mesmo trabalho, o Plano de Investigação Programada do LNEC e os programas de investigação apresentados por 35 investigadores do LNEC nos dois concursos, ainda recentes, de 1992 e 1995; terceiro, porque, dadas as funções que desempenho no LNEC, me convém ter oportunidades, criando-as se necessário, para reflectir sobre o futuro da investigação em engenharia civil.

UM PLANO DE INVESTIGAÇÃO PROGRAMADA

O Plano de Investigação Programada do LNEC (ver [2]), consta das seguintes três linhas e 10 programas específicos:

1.ª LINHA: O PATRIMÓNIO NATURAL; SEU APROVEITAMENTO, PROTECÇÃO E REABILITAÇÃO.

1.1. **Meio terrestre:** *Geologia do território. Geotecnia. Riscos naturais. Sismos.*
1.2. **Recursos hídricos; ambiente; energias renováveis:** *Recursos hídricos. Impacte ambiental. Novas tecnologias energéticas. Poluição sonora.*
1.3. **Meio marinho:** *Estuários e zonas litorais. Geologia marinha.*

2.ª LINHA: O PATRIMÓNIO CONSTRUIDO; SUA CONSTRUÇÃO, MANUTENÇÃO E REABILITAÇÃO.

2.1. **Ordenamento do território e construção do habitat :** *Planeamento e urbanização; arquitectura e conforto; ciências sociais e humanas.*
2.2. **Grandes equipamentos fixos:** *Pontes, barragens, equipamentos hidráulicos e outras estruturas; seu comportamento,segurança e durabilidade.*
2.3. **Vias de comunicação e transportes:** *Terraplanagens e pavimentos; traçado, tráfego e segurança; portos e navegação.*

3.ª LINHA: PRODUTIVIDADE E ACTIVIDADES DE APOIO À INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO.

3.1. **Qualidade:** *Economia e gestão da construção; normalização, regulamentação e certificação.*
3.2. **Materiais e tecnologias da construção:** *Materiais de construção; componentes e instalações para a construção.*
3.3. **Tecnologias e processamento da informação:** *Bases de dados; visualização gráfica; modelação; métodos computacionais.*
3.4. **Instrumentação científica e metrologia:** *Instrumentação e equipamentos; sistemas de automatização e controlo.*

Sem que constitua um colete de forças para a actividade de I&D do LNEC, o Plano representa um quadro geral dentro do qual os investigadores são convidados a introduzir os seus projectos, de modo a inseri-los num todo coerente.

Não tendo ainda este quadro sido adoptado há três anos atrás, isto é, quando da publicação do artigo acima mencionado, tem interesse relacioná-lo agora com a informação nele contida, já que é com ela que se relaciona a procura sócio-económica.

Adoptei para tal efeito a metodologia de seguir passo a passo o primeiro artigo, neste intercalando comentários ao Plano e aos 35 programas de investigação que adiante se apresentam.

TRINTA E CINCO PROGRAMAS DE INVESTIGAÇÃO

Quanto a estes, lembro que dos concursos para investigador-coordenador faz parte uma prova que consiste na apresentação e discussão pública de um programa de investigação precedido, como se de uma tese se tratasse, de um "*state of the art*". O programa conduz à proposta de um conjunto de projectos de investigação.

Apresentando-se geralmente a cada concurso numerosos candidatos, põem estes nos respectivos programas toda a sua experiência, saber e criatividade, justificando que a instituição considere tais programas como elementos básicos para o planeamento da sua própria investigação.

Dos dois grandes concursos recentemente realizados, o primeiro, realizado em 1992, deu origem a 24 programas e o segundo, em 1995, a 11.

O LNEC ficou assim a dispor de 35 programas de investigação que no seu conjunto dão uma ideia do que alguns dos seus elementos mais qualificados pensam dever ser temas de investigação científica a adoptar pela instituição nos próximos anos, isto é, pelo menos até ao fim do século.

São os seguintes os títulos dos programas em questão (referidos na Bibliografia de [3] a [37]):

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA

1 Aperfeiçoamento de métodos de modelação matemática e física aplicáveis a problemas de dinâmica costeira.
2 Dimensionamento hidráulico de portos. Operacionalidade e segurança dos navios nos cais.
3 O transporte de sedimentos em rios e a caracterização geotécnica dos leitos aluvionares.
4 Previsão de cheias extremas.
5 Os sistemas de informação geográfica e a modelação hidrológica no domínio das águas superficiais.
6 Sistemas de apoio à decisão em recursos hídricos.
7 Políticas de gestão de recursos hídricos. Novas abordagens e integração contextual.
8 Reabilitação de sistemas de distribuição de água. Uma metodologia de abordagem.

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

9 Microzonamento sísmico.
10 Aplicação de métodos sísmicos e electromagnéticos (radar) em engenharia.
11 Modelação física com centrifugadora em geotecnia.
12 Caracterização de materiais de aterro. Modelos discretos e contínuos.
13 Controlo da qualidade do tratamento por injecções de fundações rochosas de barragens de aterro.
14 Análise dinâmica de barragens de aterro. Novos desenvolvimentos.

DEPARTAMENTO DE VIAS DE COMUNICAÇÃO

15 Projecto e observação de pavimentos rodoviários.

DEPARTAMENTO DE BARRAGENS

16 Comportamento e segurança de estruturas subterrâneas em maciços rochosos.
17 Comportamento hidromecânico e deteriorações em fundações de barragens de betão.
18 Fiabilidade e monitoramento de barragens de betão.
19 A teoria da decisão no planeamento e controlo de redes heterogéneas locais.

DEPARTAMENTO DE ESTRUTURAS

20 Regulamentação sísmica europeia.
21 O comportamento da alvenaria estrutural e a normalização europeia.
22 Observação de pontes atirantadas de betão.
23 Modelação em Mecânica dos Fluidos. Aspectos aero-hidrodinâmicos. A circulação dos comboios.

DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS

24 Contributo para a criação duma rede de dados da construção civil.
25 Iluminação natural e radiação solar no projecto de fenestração.
26 Da instalação nos edifícios de fachadas-cortina de alumínio e vidro.
27 Edifícios antigos. Contribuição para o estudo do seu comportamento e das acções de reabilitação a empreender.

DEPARTAMENTO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

28 Os revestimentos por pintura na protecção das obras de betão.
29 Tubagens em materiais termoplásticos. Contribuição para o estudo do seu comportamento a longo prazo.

CENTRO DE PROJECTO E CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTOS

30 Instrumentos de medição na investigação em engenharia civil. Sua concepção, utilização, qualidade e evolução na medição em obra de grandezas mecânicas.
31 Qualidade dos instrumentos de medição. Linhas de investigação visando aplicações em domínios da engenharia civil.
32 Instrumentação em geotecnia. Contribuição para o seu desenvolvimento futuro.
33 Automatização da recolha de dados na observação de obras. Contribuição para o seu desenvolvimento.

CENTRO DE INFORMÁTICA

34 Visualização de dados científicos.
35 Tecnologia das bases de dados distribuidas. Contribuições para o seu desenvolvimento.

Observa-se que, ao contrário do que sucede com o Plano, que foi fixado a partir de cima com o objectivo de abarcar toda a engenharia civil, os programas de investigação, propostos como foram pelos investigadores que se apresentaram aos dois últimos concursos, não reflectem mais que as necessidades de investigação sentidas no âmbito das respectivas especialidades.

AMBIENTE E QUALIDADE

De acordo com a metodologia atrás indicada passo agora a referir e comentar passagens do meu artigo de há três anos atrás.

> "Correndo o risco de falhar ao tentar encerrar numa fórmula o vasto mundo da engenharia civil, pensamos ser útil começar por tentar definir o seu objecto: o planeamento, projecto, construção, exploração, manutenção e reabilitação dos grandes equipamentos fixos, os quais se denominam obras.
>
> Tratando-se de grandes e, por conseguinte, dispendiosos equipamentos, o futuro da engenharia civil será determinado pela grande procura a qual virá a ser, ela própria, influenciada pela evolução da oferta, isto é, pela inovação tecnológica.
>
> O investimento em grandes equipamentos fixos será, como sempre foi na História, afectado pelas concepções reinantes na Sociedade.
>
> Assim, nas sociedades avançadas, a evolução da engenharia civil será condicionada, cada vez mais, pelo respeito de valores tais como o direito à vida e à felicidade dos cidadãos e a preservação e valorização dos patrimónios natural e cultural.
>
> As necessidades reais das populações, que em grande parte ditarão a procura, terão cada vez menos a ver com a mera sobrevivência e mais com a qualidade de vida.
>
> Por isso, e porque os grandes equipamentos influenciam o ambiente de modo muito significativo, o planeamento e concepção das obras apoiar-se-ão cada vez mais em estudos de impacto ambiental. Assim, as políticas do ambiente serão factores determinantes na evolução da engenharia civil".

Por outro lado, e reciprocamente, espera-se da engenharia civil que dê uma contribuição fundamental para a elaboração das políticas do ambiente.

Os estudos relativos ao ambiente permanecerão pois como temas de grande interesse, quer nos paises industrializados, quer nos menos desenvolvidos. Os segundos tenderão a pôr o acento tónico no aproveitamento dos recursos naturais, os primeiros na protecção e reabilitação do património natural ou do património construido, no âmbito do qual o património histórico (programa 27) merecerá crescente atenção.

> "Observa-se que a qualidade de vida inspira e é simultaneamente um dos aspectos mais salientes de uma filosofia (singularmente adequada às sociedades industriais e pós-industriais) baseada na promoção da qualidade".

Não é assim de surpreender que seja consagrado à "Qualidade" um dos programas específicos, o primeiro da 3.ª Linha do Plano, cujo conteudo é definido por "Economia e gestão na construção; normalização, regulamentação e certificação".

No sentido mais amplo do termo, a qualidade é aferida através da aptidão para satisfazer as necessidades explícitas ou implícitas dos consumidores de um determinado produto ou serviço.

Num sentido mais restrito, muito mais vulgarizado que o primeiro, a qualidade não é referida a consumidores, mas sim entendida como uma característica própria dos produtos, que nestes pode ser incorporada. Torna-se assim um atributo susceptível de ser medido e investigado com meios puramente técnicos.

Um processo de garantia da qualidade pode ser organizado em três etapas interrelacionadas: a normalização (conducente ou não a regulamentos, que não são mais que as normas tornadas obrigatórias), o ensaio e a certificação.

A primeira pressupõe investigação: a investigação dita pré-normativa (programas 28 e 29) e, como Ferry Borges costumava referir, também a que pode chamar-se pós-normativa.

À existência de normas supõe, não só o recurso a métodos experimentais, como laboratórios capazes de aplicar aos produtos as técnicas normalizadas, laboratórios estes dispondo de equipamentos altamente especializados,

aplicáveis aos ensaios em questão, e não necessariamente idênticos aos equipamentos mais flexíveis que se utilizam na investigação pré-normativa.

A certificação, isto é, a garantia da conformidade atestada por terceiros de toda a produção com normas aplicáveis, implica, não só a possibilidade de ensaio, mas também o acompanhamento do sistema da qualidade do produtor e das características dos produtos.

Num sistema como o referido, a necessidade de investigação é pois constante, por um lado para melhorar e modernizar o corpo normativo de base, adaptando-o às necessidades de novos padrões de vida, por outro para abranger novas variedades do produto em causa ou novas tecnologias de produção.

ECONOMIA E SEGURANÇA COMO ASPECTOS DA QUALIDADE

> "O planeamento e projecto das obras põem-se ao engenheiro civil moderno como um processo de optimização e, portanto, como uma escolha da solução óptima de entre um conjunto de soluções possíveis.
>
> Tais escolhas tenderão a ser precedidas de análises custo-eficácia cada vez mais finas, envolvendo considerações de natureza não exclusivamente económica ou utilitária, o que levará a tomar em linha de conta factores dificilmente quantificáveis de ordem cultural, social, moral ou psicológica".

De facto, retomando o conceito de qualidade no seu sentido mais amplo, observe-se que não se pode falar em "qualidade a qualquer preço", mas que o aspecto económico tem de estar sempre subjacente sob pena de não se ir ao encontro das reais necessidades dos consumidores. Daqui a importância de linhas de investigação conducentes à minimização de custos, dentro dos constragimentos impostos, quer através da utilização de produtos e processos mais económicos, quer através de procedimentos mais racionais.

O tema da economia e gestão da construção aparece assim como um tema de futuro (programa 24). E cada vez mais, à medida que as funções objectivo passem a ser definidas com maior realismo, os estudos de optimização extravasarão da área científica da Mecânica, perdendo talvez em elegância para ganhar em aplicabilidade.

> "A redução dos custos exigida pela limitação dos recursos, a que as sociedades desenvolvidas são particularmente sensíveis, exigirá caminhar no sentido da racionalização para que aponta a teoria da segurança, isto é para conceber as obras por forma a minimizar os seus custos generalizados (construção + exploração + custos associados à não-qualidade, incluindo os custos da prevenção e da avaliação da qualidade e os ligados aos riscos da não satisfação das exigências essenciais).
>
> No entanto, os custos, mesmo generalizados, só deverão ser utilizados para uma orientação global.
>
> Impõe-se reconhecer que o progresso da engenharia civil passa, não só por uma atribuição de valores mais realistas aos parâmetros que quantificam a segurança, o que exigirá melhor conhecimento do comportamento das obras e das acções susceptíveis de as solicitar, mas também por uma melhor gestão da qualidade, o que implica a implementação de mecanismos de controle de todas as fases, desde a da concepção à da própria utililização".

A teoria da segurança tem sido um dos fundamentos da moderna regulamentação e, por esta razão, um aspecto essencial da filosofia da qualidade.

Forjados hoje em dia os conceitos fundamentais da teoria, interessa agora prosseguir na sua introdução na normalização e regulamentação, sobretudo em certas áreas da engenharia civil, como a geotecnia e a hidráulica, onde a sua aplicação foi iniciada há menos tempo que na engenharia de estruturas.

É necessário entender que, ao contrário do que acontece noutras engenharias, os produtos da engenharia civil, isto é, as obras, estão imersos no ambiente natural. Daí o tornarem-se essenciais para a engenharia civil

temas de investigação como o da modelação das acções, as quais são de facto, em grande parte, forças naturais, tais como ventos e acções sísmicas, que sobre as obras directamente se exercem. Explica-se assim o grande interesse das investigações sobre os riscos naturais e sua mitigação (programas 4, 9, 14 e 20).

O enriquecimento das normas e regulamentos com as contribuições da teoria da segurança não deixa no entanto de apresentar inconvenientes. A complexidade que deles resulta torna-os de facto cada vez mais dificilmente manuseáveis pelos técnicos a que se dirigem.

Tornar-se-á cada vez mais necessário o recurso a instrumentos informáticos, como os que fornece a inteligência artificial, e, bem assim, a investigação associada à introdução destes instrumentos na engenharia civil (programas 6, 34 e 35).

A OBSERVAÇÃO E A MODELAÇÃO

"O conhecimento do comportamento das obras exige a observação sistemática de obras do mesmo tipo já construidas e a construção de modelos que incorporem o resultado das observações.

Esses modelos são hoje, na engenharia das estruturas, de natureza quase exclusivamente matemática. Na Hidráulica, os modelos físicos são ainda preponderantes.

É de esperar que, no futuro, os modelos matemáticos venham a retirar cada vez mais espaço aos modelos físicos, tornando-se capazes de simular os diferentes modos de colapso das obras e de permitir analisar em computador o comportamento destas submetidas às acções susceptíveis de os provocar".

A problemática da modelação foi inserida também na terceira Linha, associada às tecnologias e processamento da informação. O tema é suficientemente importante para que se dedique, mais adiante, à evolução da respectiva filosofia, um capítulo especial.

A modelação física perdeu terreno relativamente à modelação matemática, mas continua a ter actualidade como revela o facto de o LNEC ter feito grandes investimentos em equipamentos como a maior plataforma sísmica da Europa (reconhecida pela DG XII como uma das grandes instalações científicas europeias) e uma centrifugadora cuja utilização permitirá reduzir os erros devidos ao factor de escala na modelação geotécnica (programa 11). O recurso a analogias continua por outro lado a justificar-se, nomeadamente em Mecânica dos Fluidos (programa 23).

Lembro que a observação das obras, um dos aspectos da observação da Natureza, foi, desde a fundação do LNEC, uma das bases da estratégia científica da instituição. Não admira que 6 dos 35 programas tenham sido consagrados a técnicas de observação (programa 19), instrumentação (programas 30, 31, 32 e 33) e planos de observação (programa 18).

Têm-se realizado também, e é desejável que se realizem mais ainda no futuro, progressos importantes utilizando na modelação os resultados da observação das obras (programa 22).

OS MATERIAIS

"A qualidade das obras está muito ligada com a dos materiais de construção.

Quanto a estes, é de prever que os betões mantenham a primazia: não se espera que sejam substituidos, mas simplesmente melhorados.

Nos betões, como nos aços, será perigoso aumentar a resistência se esse aumento conduzir a uma maior fragilidade. Por isso interessam os betões de alto comportamento, mais que os de alta resistência.

É-se assim levado a abordar o problema da durabilidade, o qual envolve, não só a evolução no tempo das propriedades dos materiais, mas também a adaptabilidade das obras.

Sabe-se de facto que não é possível construir obras para a eternidade e que o custo inicial de uma construção é, em princípio, e a menos de um salto qualitativo da oferta tecnológica, tanto maior quanto mais dilatada for a sua esperança de vida.

Tem-se porém hoje em dia plena consciência de que, de uma maneira geral, o custo generalizado das obras atinge o seu mínimo para valores da durabilidade respectiva superiores aos que até há pouco eram considerados aceitáveis.

É da necessidade de garantir a utilização das obras nos prazos mais alargados para que deverão passar a ser concebidas que resulta a preocupação com a sua adaptabilidade, a qual envolve aspectos ligados com a respectiva inspecção, manutenção, reparação, adaptação e demolição.

Quanto aos materiais, há que observar que as construções de betão armado dão, ainda mais que as metálicas, uma impressão de perenidade que não corresponde à realidade. Sabe-se que, ao longo do tempo de vida da obra, os inertes vão reagindo quimicamente com o cimento e que, em virtude destas reacções, o betão tende, a longo prazo, a tornar-se permeável e, a mais longo prazo ainda, a perder a coesão.

Grandes estruturas de betão simples, como as barragens de betão, estão pois ameaçadas de inservibilidade e mesmo de ruina.

Reacções com o meio ambiente levam, por outro lado, a que o betão, inicialmente básico, tenda a ficar neutro, o que, nas obras de betão armado, determinará o ataque químico das armaduras.

Técnicas especiais baseadas na incorporação de moléculas com dimensões da ordem dos "angströms" podem tornar os betões mais compactos e, portanto, menos permeáveis. A pintura das superfícies pode também prolongar a sua vida.

É no entanto possível que as pedras naturais e o tijolo, dada a sua capacidade de resistência à agressividade dos ambientes, nomeadamente dos ambientes marinhos, venham a ser parcialmente recuperadas como materiais de construção.

Quanto aos plásticos, pode-se afirmar que as componentes metálicas poderão vir a ser parcialmente substituidas por componentes plásticas, menos sujeitas à corrosão e mais fáceis de executar e de montar. Sendo porém menos duráveis que as metálicas, terão de ser substituidas periodicamente, o que leva a prever que sejam sobretudo utilizadas em construções ligeiras.

Os engenheiros civis do século XXI serão confrontados com grandes obras de reabilitação, ou mesmo com a demolição em grande escala de construções que hoje parecem de qualidade indiscutível.

Daqui o pensar-se que uma possível diminuição de investimentos em obras novas nos paises desenvolvidos será largamente compensada, não só pela construção de novas obras nos menos desenvolvidos, mas também pela reabilitação de infraestruturas já existentes, mas crescentemente degradadas, nos primeiros".

Embora abordados expressamente na terceira Linha do Plano, os materiais aparecem implicitamente na segunda, dada a preocupação com a construção, manutenção e reabilitação do património construido. O programa 28 é dedicado à protecção dos materiais de construção. A referência à primeira Linha torna-se porém também inevitável se tivermos em conta a necessidade de simular o comportamento dos materiais naturais. De facto,

"materiais naturais como os solos e as rochas, cuja durabilidade é geralmente muito maior que a dos materiais manufacturados e cuja evolução acompanha o ritmo da Natureza, beneficiarão do facto de se conhecer cada vez melhor o seu comportamento e de se dispor de técnicas adequadas ao seu aproveitamento.

As modernas tecnologias permitem já hoje obras subterrâneas de grandes dimensões com as mais diversas finalidades. As pressões urbanísticas, industriais e de natureza ambiental determinarão a abertura de mais e maiores cavidades no sub-solo. Em obras deste tipo, o material será usado na sua forma natural de jazida".

Assim, materiais como a pedra e a terra, que até há bem pouco tempo pareciam inteiramente ultrapassados, aparecem agora a competir com o betão (que há somente duas a três décadas era declarado "indestrutível") e com o aço.

O seu estudo constitui um tema de investigação do maior interesse (programas 12, 14, 16 e 21). As barragens de aterro representam uma das áreas em que a aplicação de materiais naturais se tem revelado mais promissora (programas 12 e 13). O comportamento de estruturas subterrâneas (programa 16) constitui igualmente um exemplo interessante desta tendência.

O PATRIMÓNIO CONSTRUIDO

O património construido, ao qual é consagrada a Linha 2 do Plano, não se restringe aos grandes equipamentos fixos aos quais foi consagrado o 2º programa específico da linha em questão.
Antigamente, o tema dos grandes equipamentos fixos, e muito especialmente, dentro deste, o da construção de novos equipamentos, quase se confundia com a própria engenharia civil.
Hoje, à construção junta-se a manutenção e a reabilitação, muito especialmente a reabilitação do património histórico e das construções antigas em geral.

Por outro lado, e como consequência da intensa urbanização e das exigências da qualidade de vida, adquiriram especial relevância os problemas do ordenamento do território e da construção do habitat (programas 25 e 26), que não deve confundir-se com a simples construção de edifícios para habitação. O desenvolvimento da engenharia sanitária é uma natural consequência de uma tal tendência (programa 8).

No que se refere ao património construido, e apesar do tema ter perdido importância relativa em paises desenvolvidos no que se refere à construção,

> "uma área em que, mesmo nos paises desenvolvidos, se antevê a execução de obras novas de vulto é a das infraestruturas de transporte. Procede-se de facto, hoje em dia, à implantação de redes totalmente novas, quer rodoviárias, quer ferroviárias, de alta velocidade, alta velocidade que implica, não só o desenvolvimento de novos sistemas de tracção, mas também um traçado muito mais rectilíneo e sem cruzamentos e, portanto, a execução de numerosos túneis e obras de arte. Exigir-se-á, por outro lado, acrescida preocupação com a segurança, traduzida esta, nomeadamente, na condução automática de todos os tipos de veículos.
>
> A alta velocidade é uma das vertentes da resposta dada ao problema do enorme acréscimo do volume de mercadorias e passageiros a transportar. A outra é o aumento da dimensão dos veículos. Este aumento implica a necessidade de reforçar obras de arte já existentes e torna inevitável uma mais rápida degradação dos pavimentos das actuais estradas e aeroportos. Torna-se necessário dispor de materiais que satisfaçam as modernas exigências de tráfego e de métodos que permitam um melhor dimensionamento destes pavimentos".

Aparece assim como um dos programas específicos da segunda Linha: "Vias de comunicação e transportes", com os problemas associados à construção, bem como, evidentemente, à manutenção e reabilitação (programa 15).

O PATRIMÓNIO NATURAL

Os sistemas de fundação podem ser olhados como a interface entre o património construido e o meio terrestre. Muitos acidentes e incidentes a eles devidos revelam na prática como são vitais para a segurança das construções.

Não admira que, entre os 35 programas de investigação acima mencionados, vários lhes fossem consagrados, abordando temas como os da prospecção (programas 9 e 10), modelação física (programa 11), controlo da qualidade de fundações (programa 13) e reabilitação (programa 17).

O "Meio terrestre" aparece como a base sobre a qual se ergue grande parte do património construido. Consagram-se-lhe ciências novas, como a mecâ-

nica das rochas e a geologia da engenharia, ambas em rápido desenvolvimento, e o seu estudo torna-se essencial para a mitigação de riscos naturais, como os riscos sísmicos.

Com o desenvolvimento das construções *off-shore*, começaram a ter também especial interesse as fundações em meio marinho. Assim:

> "Prevêem-se também grandes progressos em matéria de fundações no fundo dos mares, mesmo a grandes profundidades".
>
> "Falando dos mares e oceanos, há que referir que as estruturas portuárias (portos, terminais, etc.) continuarão a ser infraestruturas de importância vital a nível internacional. Prevê-se assim um desenvolvimento razoável deste sector.
>
> Os problemas da orla costeira crescerão exponencialmente, cruzando-se com os dos estuários e lagunas. Trata-se de áreas que constituem zonas preferenciais de ocupação humana e de desenvolvimento económico e que apresentam uma grande sensibilidade ecológica e interesse ambiental.
>
> A tão falada possibilidade de subida do nível das águas do mar resultante do efeito de estufa irá conduzir a uma redobrada atenção sobre estas áreas, conduzindo nomeadamente a obras de protecção do litoral.

Há que abordar pois a problemática do "Meio marinho", bem como a da interface entre este e o meio terrestre (programas 1 e 2).

> "Os meios hídricos interiores, quer na componente dos rios, ribeiras e outras linhas de águas superficiais, quer na de águas subterrâneas, representam um recurso importantíssimo para abastecimento doméstico, público, industrial e agrícola, rejeição de efluentes, produção de energia, navegação fluvial, lazeres e recreação. A sua utilização racional irá orientar o desenvolvimento da engenharia civil hidráulica no sector.
>
> É importante lembrar que o futuro da hidráulica está estreitamente ligado ao mercado mundial da água, no qual os problemas da qualidade têm vindo a ganhar gradualmente peso sem todavia porem em causa os aspectos quantitativos.
>
> O saneamento básico, que compreende o abastecimento de água e a rejeição e controle de efluentes de aglomerados urbanos e industriais, é vital para a saude pública, conforto das populações e protecção do meio ambiente. O desenvolvimento do sector é inquestionável, e perspectivam-se desafios ligados com a dessalinização da água do mar, técnicas de despoluição cada vez mais sofisticadas e a reutilização das águas residuais para irrigação".

Daqui a importância de outro programa específico da primeira Linha, o dos "Recursos hídricos, ambiente e energias renováveis", aos quais se dedicam os programas 3, 5, 6 e 7.

Apontarei mais adiante o tema da modelação do património e processos naturais como um dos de maior futuro na investigação em engenharia civil.

Quanto aos processos naturais, já atrás se chamou a atenção para o tema dos riscos naturais e sua mitigação, bem como para os programas a ele consagrados.

AS ÁREAS CIENTÍFICAS DE BASE

No artigo que atrás referi [1], são apontados como necessidades um melhor conhecimento da Natureza e a realização de estudos noutras áreas científicas que interessam à engenharia civil.

> "Quanto às acções que solicitam as obras, pode-se dizer que os engenheiros civis terão de estar cada vez mais conscientes de que, melhor que defrontar as forças naturais, será canalizá-las para benefício do Homem, o que, evidentemente, obrigará a conhecê-las melhor.
>
> Está ultrapassada a concepção do engenheiro como agressor do ambiente. Lutar contra a Natureza representa, na melhor das hipóteses, uma dissipação de energias, pelo que, quanto melhor integradas no ambiente estiverem as obras, mais económicas deverão em princípio ser.
>
> Tal significa que o progresso em engenharia civil passa por conhecer melhor a Natureza".

Torna-se pois indispensável a investigação nas ciências que tradicionalmente se apontam como "ciências da engenharia".

> "Não chega porém o conhecimento da Natureza. Impõe-se habilitar a engenharia civil com resultados e métodos provenientes, tanto das ciências em que tradicionalmente se tem apoiado, como de outras ciências, tanto *duras* como *moles*.
>
> Podem indicar-se, entre outras, a arquitectura e a urbanização, a antropologia urbana e a psicologia, as ciências da computação e da informação, a medicina e a saude pública, a economia e a gestão, as ciências da educação, a sociologia, a demografia, a antropologia, as ciência do ambiente, as ciências jurídicas e, como lembra Ferry Borges [38], a ética.
>
> O recurso a uma tão ampla gama de conhecimentos não exige evidentemente que os engenheiros civis dominem todas as ciências, mas forçará a que trabalhem em equipas pluridisciplinares cada vez mais complexas.
>
> Obrigará ainda a recorrer sistematicamente a instrumentos do tipo dos sistemas periciais, e de outros sistemas inteligentes, que neste momento estão ainda em fase de desenvolvimento.
>
> Refiram-se ainda as ciências, técnicas e indústrias da informação cuja evolução determinará importantes consequências económicas e sociais que afectarão todo o sector produtivo e, por consequência, a indústria da construção".

Uma referência à formação dos engenheiros civis, a qual pode facilmente ser interpretada como uma referência à formação de investigadores:

> "O recurso a tais instrumentos não vai suprir no entanto a necessidade de uma formação integrada de tipo diferente da que até agora tem sido proporcionado pelas escolas de engenharia e, de uma maneira geral, pelo sistema educativo.
>
> É que o engenheiro civil do futuro não poderá evidentemente deixar de ser um técnico informado dos progressos da sua especialidade e aberto à cooperação com especialistas de outras áreas, mas terá de ser mais que um técnico : um homem culto e socialmente responsável".

O DECLÍNIO DA ANÁLISE E O FLORESCIMENTO DA MODELAÇÃO

Examinada a evolução da procura e as consequências que essa evolução virá a ter, desejavelmente, sobre a evolução da investigação na engenharia civil, procurarei agora analisar as tendências que se observam no seio da comunidade científica da área da engenharia civil.

As tecnologias da informação, modelação e análise constituirão cada vez mais, nas suas aplicações à engenharia civil, uma magnífica área de investigação e desenvolvimento.

Continua porém actual a problemática abordada num trabalho [40] que apresentei há cerca de 10 anos em co-autoria com J. Oliveira Pedro, intitulado "*The rise and decline of analysis as a research topic in structural engineering*", isto é, o declínio relativo da análise como tema de investigação em engenharia de estruturas.

O que pode dizer-se da engenharia de estruturas não é generalizável a toda a engenharia civil, já que as aplicações da análise matemática não progrediram igualmente em todos os domínios. Verifica-se porém uma tendência para que, à medida que estas progridem, a análise, não os métodos computacionais no seu conjunto, perca protagonismo como tema de investigação.

Tenho observado em trabalhos anteriores ([39] e [40])que, sendo embora a Mecânica a ciência básica da engenharia civil, poderia esta ter-se servido do método científico sem se constituir em campo privilegiado de aplicação da Mecânica. É possível prever, por exemplo, o comportamento de uma estrutura observando o de outra igual ou idêntica.

Mas mesmo este método rudimentar, embora científico, não dispensa uma teoria, pela simples razão de que não existem dois objectos perfeitamente

iguais na Natureza. Assim, o declarar iguais duas vigas de betão armado não pode significar que elas de facto o sejam, mas que algumas propriedades do betão e do aço em ambas coincidem, que a geometria e dimensões respectivas são as mesmas e que os varões das armaduras têm a mesma disposição e diâmetros, tudo isto, evidentemente, dentro de tolerâncias consideradas admissíveis.

Tal declaração pressupõe pois uma teoria no âmbito da qual sejam os factores mencionados os que determinam o comportamento das vigas de betão armado.

Mais precisamente, uma viga de betão armado é identificada com um conjunto de propriedades que a definem como um objecto ideal ao qual é possível fazer corresponder, no mundo real, não exclusivamente a viga em questão, mas uma infinidade de vigas gozando das mesmas propriedades.

Tal é o processo através do qual o espírito humano conhece o mundo real: sendo-lhe este, na sua riqueza, inacessível, só pode conhecê-lo através das ideias, ideias estas a que correspondem de facto elementos do mundo real. Só que tais elementos existem neste mundo sob forma singular e individual, e não sob a forma por que existem no espírito.

O universo do conhecimento, sobre o qual se exerce a análise científica, não é assim uma cópia do universo objectivo mas uma construção da inteligência baseada em dados sensíveis fornecidos pela experiência.

Adoptando esta posição, o cientista moderno estabelece uma correspondência entre os seres do mundo real e os elementos de um mundo ideal ditos *idealizações* do primeiro. As chamadas leis da Natureza não são de facto, para o cientista moderno, leis do mundo real, mas de um espaço de idealizações. E dois objectos dizem-se iguais, ou, mais precisamente, equivalentes, se tiverem, nesse espaço, a mesma imagem.

O primeiro passo para tratar um problema do mundo real consiste em formulá-lo num espaço de idealizações. E a maneira mais directa de tratar esse problema consiste em, explorando o conceito de equivalência, ensaiar objectos equivalentes ou análogos ao primeiro. Este diz-se *protótipo*. Aqueles dizem-se *modelos*.

Se o modelos tiverem aproximadamente a mesma forma física, dimensões e material do protótipo, e as acções forem as mesmas, dizem-se iguais ao protótipo. Se, tendo a mesma forma, forem diferentes as dimensões, as acções e os materiais, o modelo diz-se *modelo reduzido*.

Para passar de uma idealização a um modelo reduzido, e deste de novo à idealização, requere-se uma função de transferência que é a chamada *teoria da semelhança*.

A função em questão é exemplo de uma *analogia*. Trata-se da única que pode estabelecer-se sem dispor de uma *teoria* ou *modelo matemático*, isto é, de um sistema de equações susceptíveis de descrever o comportamento das idealizações. Basta que se identifiquem as grandezas susceptíveis de caracterizar o processo. Não é necessário que se escrevam as equações que as relacionam entre si.

Um modelo reduzido é assim o exemplo mais simples de um *computador analógico*.

O desenvolvimento dos *computadores digitais* e das técnicas de modelação matemática, das quais a dos elementos finitos se tornou a mais eficaz e mais conhecida, possibilitou, não só que os modelos matemáticos existentes pudessem ser utilizados em termos práticos, mas também que valesse a pena elaborar novos modelos correspondentes a idealizações mais complexas da realidade.

Os computadores trouxeram consigo outra possibilidade: a da automatização da análise, com base na sua modelação.

Ora a história tem mostrado que cada passo na modelação começa por introduzir na engenharia um certo grau de empobrecimento que torna necessário o passo seguinte.

Assim, a modelação dos corpos como contínuos constituiu no seu tempo um notável avanço. Mais tarde, houve que recorrer a técnicas de discretização para resolver as equações desses modelos contínuos. Tentou-se seguidamente, utilizando por exemplo o método dos blocos, construir directamente modelos discretos sem chegar a passar pelos modelos contínuos.

Porém, de acordo com o já mencionado trabalho sobre o declínio da análise, esta, vítima que foi dos seus próprios progressos, deixou de constituir o principal tema de investigação na engenharia civil.

Concluimos no trabalho já referido que, na cadeia "protótipos- idealização-modelos- análise", o elo mais fraco deixou de ser a análise, passando a idealização a constituir o mais importante dos temas de investigação da engenharia civil. Citando:

> "The more sophisticated the mathematical models, the deeper the knowledge of the structural properties has to be. In the case of dams, for instance, this means a careful investigation of sites which allows the dam-foundation whole to be adequately idealized.
>
> Safety evaluation for the main hazard scenarios demands however full information collected from the direct observation of extreme situations, which sometimes occur for the different kinds of structures, and the mathematical analysis for such scenarios.
>
> The kind of analysis arising from the study and simulation of extreme situations will represent the next fronteer to be crossed in the way of the progress of structural engineering".

A automatização da análise levantou ainda outros problemas. Tornou nomeadamente necessário o estudo e modelação dos processos de conhecimento (*knowledge-based processes*) com ela relacionados, tema que abre, por si só, perspectivas vastíssimas à investigação em engenharia, e particularmente em engenharia civil (ver [41] e [42]).

Quanto a técnicas como a dos elementos finitos, antigamente associada exclusivamente ao cálculo, eis que são hoje utilizadas também, e cada vez mais, como técnicas de modelação da realidade física.

Crê-se que se poderá e deverá ir muito mais longe neste caminho.

Por um lado, como já se afirmou várias vezes neste trabalho, a modelação da Natureza e dos processos naturais, deve ser, no futuro, um dos temas centrais da investigação.

Por outro lado, esta modelação terá como um dos seus principais objectivos a simulação física, e não exclusivamente conceptual, do universo assim modelado.

Tomando um exemplo tirado do mundo da arte, lembra-se que, antigamente, os objectos de arte eram reproduzidos por artistas plásticos; foram-no mais tarde por técnicas fotográficas que não constituiam mais que técnicas analógicas; as técnicas de base digital que hoje se utilizam levam a reproduções muito mais fieis, e tão fieis quanto seja necessário.

Tudo se passa como se de um protótipo se passasse à sua idealização matemática e, desta, a um modelo físico do protótipo, gozando das propriedades descritas pelo respectivo modelo matemático.

A primeira linha do Plano do LNEC, isto é, a das investigações sobre o património natural terá assim como um dos seus principais objectivos as aplicações à segunda linha, ou seja, a da construção, manutenção e reabilitação do património construído.

CONCLUSÕES

A investigação em engenharia civil vai-se adaptando à concepção desta como uma intervenção no ambiente tendente a modificá-lo e adaptá-lo às necessidades do Homem, sem deixar de o ordenar, proteger e reabilitar.

Tanto o património natural como o construido fazem parte do ambiente. As obras, isto é, os grandes equipamentos fixos cuja construção compete aos engenheiros, deixaram pois de representar para este, de modo quase exclusivo, a porção da Natureza que lhes dizia respeito enquanto técnicos, pelo que a observação, estudo e modelação do comportamento das obras deixou de ser objecto primordial da investigação em engenharia civil.

O estudo e a modelação dos processos naturais e do património natural passaram a constituir uma tarefa vital, não só para estudar as intervenções que sobre este se praticam, mas também para que o património natural passe a servir de paradigma ao património construido e, bem assim, para que se possa melhor conhecer e controlar as acções a que as obras estão sujeitas.

Dentro da mesma lógica, as intervenções mais antigas, que por serem mais antigas melhor se inseriram já no todo ambiental, são estudadas de modo a poderem inspirar as mais recentes. E o património histórico adquire aos olhos do engenheiro civil um valor de ordem não exclusivamente cultural.

Estas considerações aplicam-se muito particularmente aos materiais: os materiais modernos, como o betão e o aço, que antes se consideravam praticamente indestrutíveis, revelam-se agora menos duráveis que os antigos, em cujas propriedades é hoje reconhecida a vantagem de melhor simularem as dos materiais naturais. Daqui uma recuperação de materiais que, como a pedra e a terra, pareciam postos de lado pela engenharia moderna.

As normas formalizam o ambiente que o engenheiro civil ajuda a construir e asseguram que este se desenvolva tanto quanto possível em harmonia com as leis da Natureza.

A necessidade de garantir que a engenharia civil sirva os seus objectivos, ou, por outras palavras, de garantir a qualidade das intervenções a ela associadas, conduz à elaboração de normas cada vez mais sofisticadas e, assim, ao desenvolvimento da chamada investigação pré-normativa e das técnicas de carácter experimental que para esta são indispensáveis.

A complexidade resultante de uma tal sofisticação exige no entanto uma investigação de tipo pós-normativo que permita, nomeadamente, inseri-las na prática profissional.

Tal é o contexto em que técnicas computacionais susceptíveis de permitir a modelação de processos naturais tão complexos como os do conhecimento e da aprendizagem, vão passar a constituir instrumentos de trabalho indispensáveis aos engenheiros civis e aos próprios investigadores que, para os forjar, são desde já chamados a contribuir.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao Engenheiro José Oliveira Pedro, Sub-Director do LNEC, as sugestões e inúmeras trocas de impressões sobre o futuro da investigação em engenharia civil. Ao Engenheiro João Manuel Caldas de Oliveira Mimoso, Investigador, o meu reconhecimento pelo precioso apoio que deu na elaboração deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

[1] Arantes e Oliveira, E. R.-Sobre o Futuro da Engenharia Civil, Revista TÉCNICA n.º especial de 1991, publicado em Março 1992.

[2] Arantes e Oliveira, E. R.; Pedro, J. O.-Perspectivas da Investigação Programada do LNEC, Lisboa 1993.

[3] Martins Vicente, C.A.D.-"Aperfeiçoamento de métodos de modelação matemática e física aplicáveis a problemas de dinâmica costeira". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[4] Marcos Rita, Manuel-"Dimensionamento Hidráulico de portos. Operacionalidade e segurança dos navios nos cais". Programa de Investigação, LNEC 1994.

[5] Fernandes Rocha, J. M. S.-"O Transporte de sedimentos em rios e a caracterização geotécnica dos leitos aluvionares". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[6] Gonçalves Henriques, António-"Previsão de cheias extremas". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[7] Gonçalves Henriques, Rui-"Os sistemas de informação geográfica e a modelação hidrológica no domínio das águas superficiais". Programa de Investigação, LNEC 1994.

[8] Santos, Maria Alzira-"Sistemas de apoio à decisão em recursos hídricos". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[9] Nunes Correia, Francisco-"Políticas de gestão de recursos hídricos. Novas abordagens e integração contextual". Programa de Investigação, LNEC 1994.

[10] Melo Baptista, Jaime-"Reabilitação de sistemas de distribuição de água. Uma metodologia de abordagem." Programa de Investigação, LNEC 1994.

[11] Gomes Coelho, António-"Microzonamento sísmico". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[12] Fialho Rodrigues, Luís-"Aplicação de métodos sísmicos e electromagnéticos (radar) em engenharia". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[13] Correia, Rui-"Modelação física com centrifugadora em geotecnia". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[14] Veiga Pinto, António-"Caracterização de materiais de aterro. Modelos discretos e contínuos". Programa de Investigação, LNEC 1994.

[15] Silva Gomes, António-"Controlo da qualidade do tratamento por injecções de fundações rochosas de barragens de aterro". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[16] Sêco e Pinto, Pedro-"Análise dinâmica de barragens de aterro. Novos desenvolvimentos". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[17] Pinelo, António-"Projecto e observação de pavimentos rodoviários". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[18] Pinto da Cunha, João-"Comportamento e segurança de estruturas subterrâneas em maciços rochosos". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[19] Mascarenhas, Abel-"Comportamento hidromecânico e deteriorações em fundações de barragens de betão". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[20] Mora Ramos, José-"Fiabilidade e monitoramento de barragens de betão". Programa de Investigação, LNEC 1994.

[21] Casaca, João-"A teoria da decisão no planeamento e controlo de redes heterogéneas locais". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[22] Cansado Carvalho, Eduardo-"Regulamentação sísmica europeia". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[23] Pompeu dos Santos, Silvino-"O comportamento da alvenaria estrutural e a normalização europeia". Programa de Investigação, LNEC 1994.

[24] Almeida Fernandes, João-"Observação de pontes atirantadas de betão". Programa de Investigação, LNEC 1994.

[25] Saraiva, Jorge-"Modelação em Mecânica dos Fluidos. Aspectos aero-hidrodinâmicos. À circulação dos comboios". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[26] Manso, Armando-"Contributo para a criação duma rede de dados da construção civil". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[27] Carvalho, Licínio-"Iluminação natural e radiação solar no projecto de fenestração". Programa de Investigação, LNEC 1994.

[28] Oliveira Braz, António-"Da instalação nos edifícios de fachadas-cortina de alumínio e vidro". Programa de Investigação, LNEC 1994.

[29] Appleton, João-"Edifícios antigos. Contribuição para o estudo do seu comportamento e das acções de reabilitação a empreender". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[30] Eusébio, Isabel-"Os revestimentos por pintura na protecção das obras de betão". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[31] Rocha, Adélia-"Tubagens em materiais termoplásticos. Contribuição para o estudo do seu comportamento a longo prazo". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[32] Schiappa de Azevedo, Fernando-"Instrumentos de medição na investigação em engenharia civil. Sua concepção, utilização, qualidade e evolução na medição em obra de grandezas mecânicas". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[33] Pimenta de Castro, Manuel-"Qualidade dos instrumentos de medição. Linhas de investigação visando aplicações em domínios da engenharia civil". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[34] Toco Emílio, Francisco-"Instrumentação em geotecnia. Contribuição para o seu desenvolvimento futuro". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[35] Almeida Garrett, José-"Automatização da recolha de dados na observação de obras. Contribuição para o seu desenvolvimento". Programa de Investigação, LNEC 1994.

[36] Cunha, João-"Visualização de dados científicos". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[37] Arriaga da Cunha, Luís-"Tecnologia das bases de dados distribuidas. Contribuições para o seu desenvolvimento". Programa de Investigação, LNEC 1991.

[38] Borges, J. Ferry-"A Ciência na Construção". Associação Industrial Portuense, Porto, Abril, 1991.

[39] Arantes e Oliveira, E. R.-"Lição sobre a investigação em Engenharia e Ciência das Estruturas". Reflexões sobre a obra de Manuel Rocha. Congresso Ordem dos Engenheiros, Lisboa, 1983.

[40] Arantes e Oliveira, E. R.; Pedro, J. O.-"The rise and decline of structural analysis as a research topic in structural engineering". Japan Society of Simulation Technology, Tokyo, 1986.

[41] Arantes e Oliveira, Bento, J.-"Introductory lecture to the CISM course on Development of expert systems for structural mechanics and structural engineering". Udine, Italy 1992.

[42] Arantes e Oliveira, E. R.; Bento, J.-"Modelling in computational structural engineering. An overall view". APCOM Conference, Sydney, Australia 1993.

EDINFOR

Sistemas Informáticos, S.A.

UM SERVIÇO COMPLETO E CONTINUADO ...

- Exploramos dois grandes Centros de Processamentos de Dados com os quais fornecemos **Outsourcing** e **Disaster Recovery**.
- Utilizamos as mais modernas tecnologias de **Comunicação de Dados**, incluindo comunicações por satélite do tipo VSAT.
- Desenvolvemos **Sistemas de Gestão Comercial** através dos quais são já hoje atendidos de forma personalizada mais de 5 milhões de clientes dos sectores de electricidade, água e gás.
- Implementamos soluções integradas de gestão empresarial baseadas no pacote de software " **SAP - R/3**", adaptando-o aos procedimentos específicos de cada empresa.
- Representamos o produto tecnologicamente mais avançado **(SMALLWORLD GIS)**, para o desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica e fornecemos serviços de aquisição de dados e desenvolvimento de aplicações.
- Exploramos um dos maiores parques de **Impressão e Envelopagem** da Europa, com capacidade superior a 500.000 documentos personalizados por dia.

...ASSEGURA-LHE O SUCESSO

Av. Sidónio Pais, 28 - 1º Dtº. 1050 LISBOA * Tel.: 352 86 16 * Fax: 356 16 96

DESENVOLVIMENTO DE UM INVENTÁRIO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE PORTUGAL

Doutor J.P. Cárcomo Lobo Ferreira
LNEC – Grupo de Investigação de Águas Subterrâneas

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) anuncia a conclusão do estudo DESENVOLVIMENTO DE UM INVENTÁRIO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE PORTUGAL e a edição de uma colectânea de Relatórios elaborados no âmbito de diversos contratos com a Direcção-Geral do Ambiente, Segurança Nuclear e Protecção Civil (DGXI/B/1) da Comissão Europeia, e de diversos Protocolos celebrados com a Direcção-Geral do Ambiente (DGA), com a Secretaria Regional de Habitação e Obras Públicas da Região Autónoma dos Açores e com o Laboratório Regional de Engenharia Civil da Região Autónoma da Madeira.

Constituiu objectivo principal do trabalho a elaboração de um inventário das Águas Subterrâneas de Portugal, contendo (1) a caracterização dos sistemas hidrogeológicos, (2) a avaliação dos recursos hídricos subterrâneos, quer renováveis, i.e. recargas regionais de aquíferos, quer reservas hídricas subterrâneas contidas nos sistemas hidrogeológicos, (3) a caracterização das utilizações, (4) a elaboração de mapas em Sistema de Informação Geográfica à escala 1:500 000 dos sistemas hidrogeológicos, da recarga regional de aquíferos, da vulnerabilidade DRASTIC à poluição, incluindo a dos diversos parâmetros necessários à sua avaliação e (5) a análise de legislação internacional para protecção de recursos hídricos subterrâneos. Elaborou-se também, no âmbito do Projecto, a primeira base de dados hidrogeológica a nível nacional, que se denominou INVENTAR, com dados de cerca de 6000 pontos de águas subterrâneas.

O mapeamento desenvolvido no Projecto foi executado em estreita articulação com a DGA, nomeadamente para a elaboração dos mapas, na DGA, em Sistema de Informação Geográfica ARC/INFO. São de referir também os contributos do Instituto da Água (INAG, ex-Direcção-Geral dos Recursos Naturais, DGRN) na fase de concepção da base de dados INVENTAR e o das Direcções-Regionais de Ambiente e Recursos Naturais (DRARNs), nomeadamente da Direcção-Regional do Ambiente e Recursos Naturais de Lisboa e Vale do Tejo (DRARNLVT), pela cedência dos dados necessários ao preenchimento da base de dados INVENTAR.

Os resultados alcançados no Projecto foram apresentados em 14 relatórios, tendo sido desenvolvidos e digitalizados à escala 1:500 000, em ficheiros ARC/INFO, onze mapas sobre recursos hídricos subterrâneos, de que se realçam os seguintes: (1) Mapeamento dos Aquíferos de Portugal Continental, (2) Parâmetros Hidrogeológicos de Portugal Continental, (3) Recarga Potencial Média dos Aquíferos de Portugal Continental e (4) Vulnerabilidade DRASTIC dos Aquíferos de Portugal Continental.

A colectânea de Relatórios do estudo DESENVOLVIMENTO DE UM INVENTÁRIO DAS ÁGUAS SUB-

TERRÂNEAS DE PORTUGAL foi dividida em três Volumes organizados da seguinte forma:

Volume I:

(Autoria: J.P. Cárcomo Lobo Ferreira, Manuel M. de Oliveira e Piercarlo Ciabatti)

1. Caracterização dos Recursos Hídricos Subterrâneos e Mapeamento DRASTIC da Vulnerabilidade dos Aquíferos de Portugal.
2. Executive Summary of the Final Report on the Characterisation of Groundwater Resources and DRASTIC Vulnerability Mapping of the Aquifers of Portugal.
3. Síntese da Caracterização e do Mapeamento das Águas Subterrâneas de Portugal.
4. Análise de legislação sobre zonamento de protecção de captações de águas subterrâneas. Aplicação a dois casos de estudo portugueses.

Volume II:

(Autoria: J.P. Cárcomo Lobo Ferreira, Manuel M. de Oliveira e Maria João Moinante)

1. Caracterização do Estado das Águas Subterrâneas em Relação à Poluição Causada por Nitratos.
2. Metodologias de Análise da Recarga de Aquíferos.
3. Caracterização dos Sistemas Hidrogeológicos de Portugal Continental e Avaliação das suas Reservas Hídricas.

Volume III:

(Autoria: J.P. Cárcomo Lobo Ferreira, Maria Emília Novo, Teresa Eira Leitão e Corrado Tore)

1. Avaliação da Recarga dos Aquíferos da Ilha de São Miguel.
2. Avaliação dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Ilha da Madeira.
3. Aplicação da Metodologia DRASTIC na Determinação do Zonamento da Vulnerabilidade à Poluição dos Aquíferos da Ilha da Madeira.
4. Caracterização Qualitativa, Quantitativa e de Vulnerabilidade à Poluição dos Aquíferos Cársicos de Portugal.

RPM - REDE INTER--UNIVERSITÁRIA PORTUGUESA PARA A PROMOÇÃO E DIFUSÃO DAS TECNOLIAS MICROELECTRÓNICAS

Prof. Epifâneo da Franca e Eng.ª Rosário Pinto
Centro Multidisciplinar de Circuitos, Sensores e Tecnologias para Microssistemas

As modernas tecnologias de microelectrónica desempenham um papel decisivo no desenvolvimento das economias dos países mais avançados. Em Portugal, devem desempenhar um papel de igual relevância económica no potencial de desenvolvimento de pequenas e médias empresas industriais de base tecnológica.

A plena utilização dessas tecnologias requer formação actualizada, nomeadamente de pessoal técnico--científico, e o estabelecimento de uma forte "cultura" de projecto de electrónica, predominantemente ba-

seada nas tecnologias de circuitos integrados híbridos e monolíticos e de novos microsistemas apoiados em microtecnologias sensoriais de estado sólido. Para tal, é necessário um esforço significativo para actualização das capacidades actualmente existentes, tanto ao nível dos recursos humanos como dos recursos laboratoriais e promoção de um maior intercâmbio de conhecimentos, experiências e resultados, no domínio tecnológico da (micro)electrónica.

É precisamente com este fim que se promoveu a rede RPM - Rede Inter-Universitária Portuguesa para a Promoção e Difusão das Tecnologias Microelectrónicas, com o envolvimento das seguintes entidades:

- Comissão Europeia, através do projecto ESPRIT 8010 (MEDCHIP);
- Instituto Superior Técnico;
- Instituto Tecnológico para a Europa Comunitária (ITEC);
- Universidade Nova de Lisboa;
- UNINOVA;
- Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI);
- Universidade de Coimbra;
- Instituto de Sistemas e Robótica;
- Universidade de Aveiro;
- Instituto das Telecomunicações;
- Universidade do Minho;
- Instituto para o Desenvolvimento e Inovação Tecnológica do Minho.

A rede RPM tem por objectivo:

- Formar e treinar recursos humanos qualificados em tecnologias de microelectrónica e com reflexos directos no tecido industrial nacional;
- Promover a utilização partilhada de recursos e capacidades tecnológicas complementares existentes à escala nacional;
- Incentivar a colaboração com instituições internacionais que operam em domínios similares, especialmente no espaço da Comunidade Lusófona;
- Difundir informação actualizada e conhecimentos avançados no domínio das tecnologias microelectrónicas com relevância para pequenas e médias empresas industriais de base tecnológica.

No âmbito das actividades da rede RPM, encontram-se em fase avançada de preparação, e serão lançadas até Dezembro de 1995, as seguintes iniciativas:

- Criação de uma **rede integrada de laboratórios de CAD** para apoio ao projecto de diversos tipos de circuitos integrados monolíticos e híbridos;
- Lançamento do primeiro **serviço nacional para fabricação colectiva de circuitos integrados**;
- Lançamento de um programa de **formação e sensibilização** no domínio das tecnologias de microelectrónica, cobrindo um vasto leque de tópicos de grande actualidade e com vários níveis de aprofundamento;
- Lançamento do **serviço Internet CHIP_ON_WEB** alimentado por todas as instituições promotoras e com divulgação de informação para apoio ao estudo, investigação e projecto de circuitos integrados monolíticos e híbridos;
- Lançamento do **boletim de informação Microtec** com notícias nacionais e internacionais de relevo para os que se interessam pelos domínios das microtecnologias de base electrónica.

Mais informações sobre a rede RPM podem ser obtidas através de:

Eng.ª Rosário Pinto
Grupo de Circuitos e Sistemas Integrados
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais, 1
1096 Lisboa Codex
Tel.: (01) 841 80 94
Fax: (01) 841 76 75
E-mail: rosario@ecsm4.ist.utl.pt

A QUALIDADE
FAZ A DIFERENÇA

ENERGIA

Média Tensão

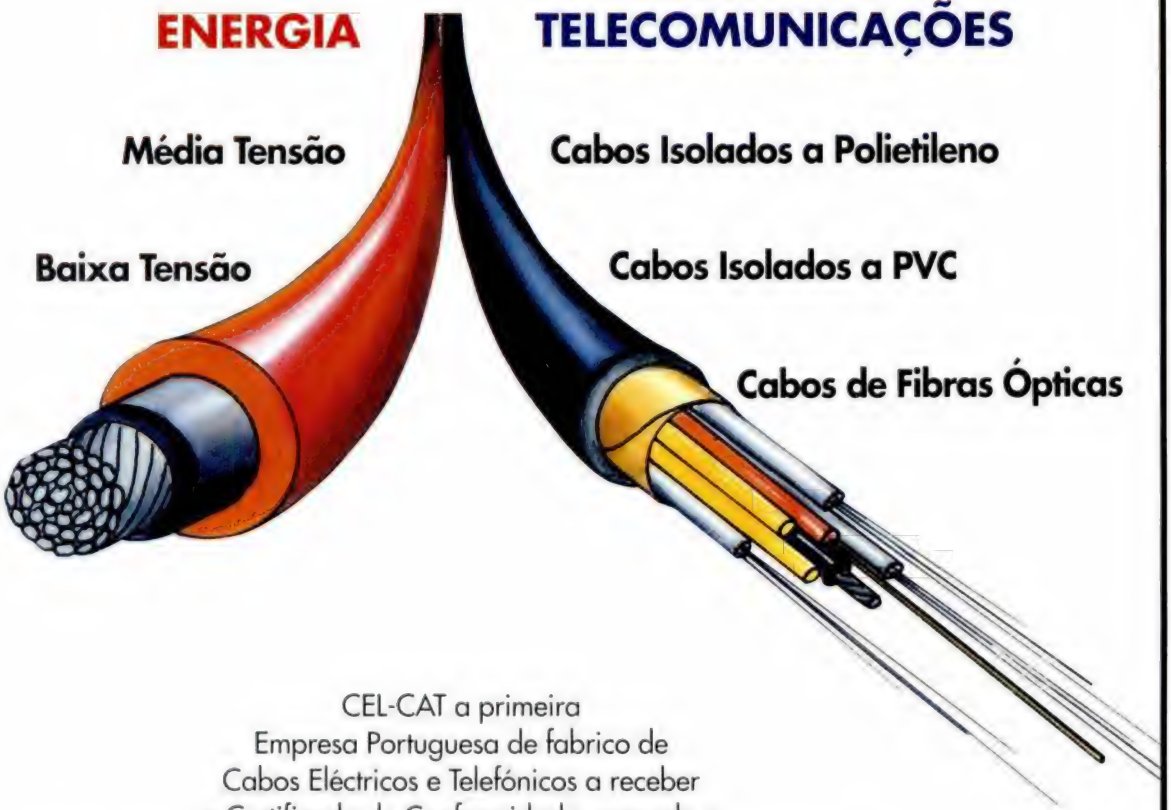
Baixa Tensão

TELECOMUNICAÇÕES

Cabos Isolados a Polietileno

Cabos Isolados a PVC

Cabos de Fibras Ópticas



CEL-CAT a primeira
Empresa Portuguesa de fabrico de
Cabos Eléctricos e Telefónicos a receber
o Certificado de Conformidade, segundo a
Norma Portuguesa NP EN 29 002 (ISO 9002) - Sistemas da Qualidade.

EMPRESA CERTIFICADA

CERTIFICADO N.º 96/CEP 61 EMITIDO PELO INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE

CEL CAT

FÁBRICA NACIONAL DE CONDUTORES ELÉCTRICOS, S.A.
PORTUGAL

THE RELEVANCE OF NON- IMAGING OPTICS FOR SOLAR ENERGY: A REVIEW

Manuel Collares Pereira
INETI-DER, Departamento de Energias Renováveis
Original submetido em 22 de Junho de 1995

SUMÁRIO

Neste trabalho faz-se uma apresentação das mais recentes tendências no desenvolvimento e aplicações da óptica não produtora de imagem (non-imaging optics), cujo campo de actuação tem vindo a ser alargado nos últimos anos, constituindo já uma das tecnologias mais importantes para a generalização do aproveitamento da Energia Solar, cobrindo áreas que vão das baixas às muito altas temperaturas.

Uma breve introdução à óptica não produtora de imagem (colectores também conhecidos sob a designação de CPC - Compound Parabolic Concentrators, ou colectores do tipo Winston) será seguida de uma apreciação do seu interesse para aplicações tão diversas como o aquecimento de água, a dessalinização, a produção de frio por via térmica, o processamento de materiais a milhares de graus Celsius e até o seu emprego para obtenção de um laser solar.

I INTRODUCTION

Solar Energy has been widely made available for thermal applications and for the direct production of electricity.

In the first case solar collectors have been developed to operate from low to very high temperatures, always having in mind the importance of reducing heat losses to insure high efficiency.

In the second case there has been a concern about reducing the (still high) cost of the semiconductor cells (PV cells).

In both cases a possibility for achieving those objectives is to use concentration; i.e. to reduce absorbing area with respect to collection area, since heat losses and costs (in the case of PV) are proportional to the first one, not the second.

With conventional focusing optics this is easily achieved by lenses or parabolic mirrors, continuos or of the Fresnel type [1, 3]. However, the concentration achieved lies, in each case, far from the limit established by the second law of thermodynamics or by phase space conservation principles used in optics [2].

This means that it is possible to achieve a better performance with a different kind of optical system. These systems are known as Non-imaging concentrators, CPC type concentrators, Ideal or Winston [2] type concentrators (the name of their inventor, in the late sixties) and they belong to a new branch in Optics, the so called Non-Imaging Optics.

It is precisely because they are non-imaging and non-focusing that they can achieve the referred limit for concentration. They process only the flux of radiation with the goal of achieving the highest concentration, without preserving information about its directions, which all imaging systems must do.

In this paper a very brief mention is made of the usefulness of non-imaging optics in several solar applications, thermal and photovoltaic.

II THE MAXIMUM VALUE OF CONCENTRATION

Consider a source of radiation incident or an aperture (a segment in 2D, a circle in 3D) and isotropically filling an angle $\pm\theta$ in 2D) or a solid angle θ (in 3D).

What is the maximum concentration of the incident radiation achievable in this case? In other words, if **a** is the aperture width (area) and **b** the exit aperture width (area) what is the maximum value

$$C_{max} = \frac{a}{b} \ ?$$

The answer can be derived from the second low of thermodynamics [4] or from phase space conservation [2] and is

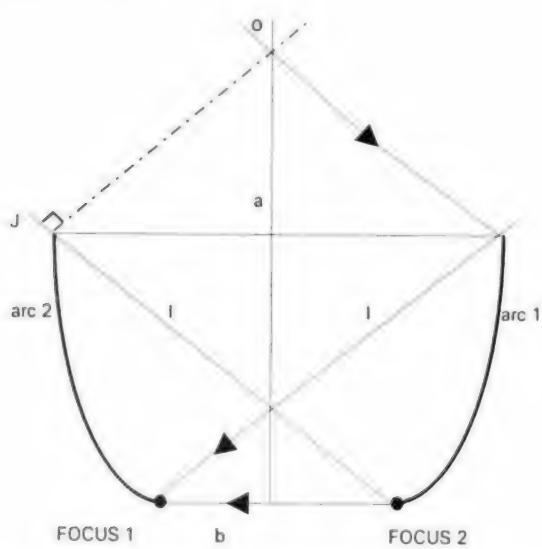
1) $$C_{max} = \frac{n}{\sin(\theta)}$$ 2D

2) $$C_{max} = \frac{n^2}{\sin^2(\theta)}$$ 3D

Where in the index of refraction at the exit aperture (assuming it is n=1 at the entrance aperture).

For comparison it must be stressed that conventional lenses and parabolic mirrors fall short [4] by a factor of 3 to 4 from this limit.

Is there a practical system operating in this limit? There are many. Consider just the one in Fig.1. The mirrors are arcs of parabola with facii at the edges of segment **b** and axis respectively parallel to +θ and -θ, hence the name CPC-Compound Parabolic Concentrator.



Consider the two rays incident at the edges of **a**, from the direction +θ. Invoking the Fermat's principle, the optical path length for both rays must be the same, i.e.

$$l + a.\sin(\theta) = l + b$$

or

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{\sin(\theta)} = C_{max}$$

as we wished to show.

At the exit aperture radiation is found to be between ± 90°, i.e. all information was lost, as expected from the Introduction. It should now be stressed that the exit aperture could have any shape or orientation i.e. could be tubular, for instance in which case the optics would no longer be arcs of parabola, [4] hence the name "CPC type" collector; also there is nothing preventing the device to be asymmetric, i.e. from concentrating radiation incident between $+\theta_1$ and $-\theta_2$, in which case we would have:

$$C_{max} = \frac{2n}{\sin(\theta_1) + \sin(\theta_2)}$$

Also pratical considerations dictate that CPC's are not built to have their full height, since the upper half adds little to concentration at the expense of lots of mirror area. Thus [5, 6], they are usually substantially truncated.

III THERMAL APPLICATIONS

1. T ≤ 100°C

Low temperature applications have traditionally used flatplate collectors. They are stationary and collect diffuse radiation. These are advantages to be preserved in any alternative but they can not easily (economically) achieve higher temperatures, without using double cover arrangements or vacuum.

Conventional concentrators would have to track the apparent motion of the sun and do not collect a significant portion of diffuse radiation. Thus a CPC type concentrator is an ideal solution. If θ is wide enough to accommodate the sun's apparent motion in the sky it can be made to be fully stationary and, at the same time, have a lower heat loss, through the concentration effect. Such collectors exist[1] [7] and are commercially available,[8] with low cost and high quality. Their cost is the one of a good flatplate collector and their performance, up to

$$\frac{\Delta T}{I} = 0.08\ cm^2/W$$

is better than the one of evacuated tubular collectors.

2. 100°C < T < 200°C

The same technology, with slightly higher values of concentration (below 2, to conserve the property of full stationarity [4]), better materials and double cover (a teflon film) can yield temperatures around 150°C at efficiencies above .5.

The combination of a CPC type device with vacuum [9] can bring it closer to 180°C, Fig. 3.

Applications like double effect absorption cooling or steam production for industry are thus possible.

These devices are under development at laboratory and pre-industrial scale.

3. T ~ 450°C

If, however, the goal is to achieve higher temperatures, a higher value of concentration is required.

---

[1] They are just being fabricated in Portugal with portuguese technology; in this case Portuguese technology is at the forefront of the solar industry in the world.

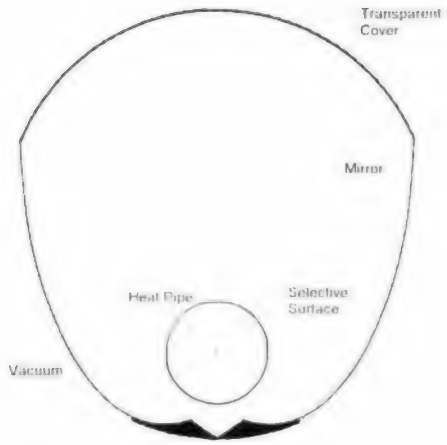


Fig. 3 Cross section shaped CPC evacuated tube

The single CPC type collector is at a disadvantage since, for narrower angles, it must be very tall in comparison with its width, making it impractical. The solution is [1, 3, 10] to combine it with (first stage) focusing collectors, placing it at, or near, the focal plane for further (second stage) concentration.

This procedures increases the concentration (usually by a factor of 2 or higher) of focusing collectors for the same acceptance angle, and/or relaxes their tracking accuracy.

At present, a second stage concentrator is being designed for a parabolic through [11] to directly produce steam at 450°C, for electricity production, Fig. 4.

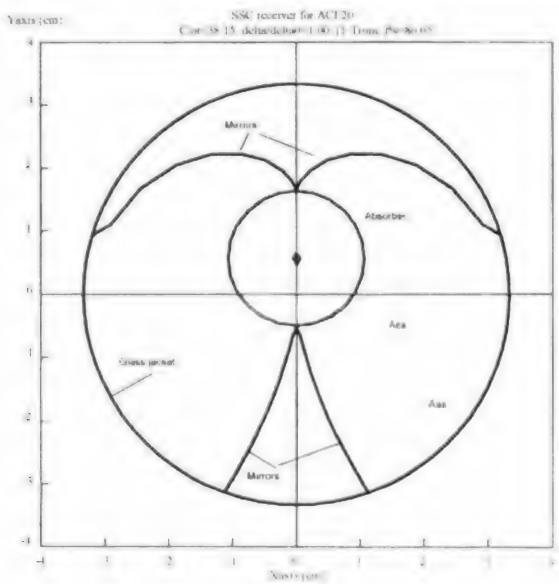


Fig. 4 Second stage CPC type concentrator.

4. T > 600°C

At higher temperatures, higher concentrations are required and 3D geometries are used. Applications like electricity production with a Stirling engine, integral pyrolisis of biomass, coal or hydrocarbons, yielding cleaner burning fuels, materials processing, chemical storage of energy in endothermic chemical reactions, are some examples of very interesting uses of solar energy.

Again the combination of parabolic dishes with CPC like second stage concentrators are the ideal solution.

For the second stage, the first stage acts like a source of energy at finite distance. In this case the ideal solution can be of several types: the CEC - Compound Elliptic Concentrator [2], the TERC - Taylored Edge Ray Concentrator [14], the trumpet like concentrator [13].

A combination of parabolic dish /TERC is being developed to melt zirconia at 2700°C.

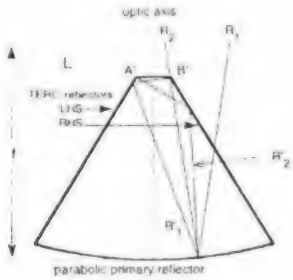


Fig. 5 Perabolic tub with Terc second staje

Another conventional, Fresnel like, concentrator is the Central Tower with tracking heliostats. Again if the idea is, for instance, to produce 1300°C and combine solar energy with a gas turbine in a combined cycle for electricity production [15], a second stage non-imaging optics device is indispensable and collection efficiency higher than 90% can achieved. This idea has been proposed for financing from the European Union but has not yet been able to get approval.

5. How high can it all get?

The answer lies in the application of [2] to the case of the sun's width, i.e. $\theta = .27°$.

With an index of refraction of 1.78 (safire) this yields

$$C_{max} \approx 140000$$

We know already that a first stage concentrator must be used – a parabolic dish – which combined with an ideal non-imaging optics device, made out of safire, will come close to that limit.

It should be noted that this device relies [2] on total internal reflection [2] within the (safire) shaped second stage, to achieve its concentration. Such a device has been built [16] and achieved 84 000±2000 times the sun's intensity, 72W / mm^2, higher than the flux at the sun's surface of 63W / mm^2.

Very high concentrations have special applications like the direct pumping of a Ni Yag laser [18].

IV PV APPLICATIONS

While (or if) the cost of solar cells does not come down enough, a combination with non-imaging optical devices may be an excellent solution.

Many configurations have been studied [17, 19, 20]. At present there are plans for the industrial development of a bifacial Si crystalline cell with CPC like optics of the type described in [7].

---

[2] rather than on a mirror reflection

V CONCLUSIONS

Non-Imaging Optics is being more and more perceived as the way to achieve collection of solar energy for a very wide range of applications at lower cost and/or extra simplicity; in some cases it is even impossible (or too impractical) to achieve the desired objectives without it.

At lower temperatures collectors already exist which are a qualitative step up from conventional solar technologies and may well become the way of the future for the next decade.

REFERENCES

[1] M. Collares Pereira, A. Rabl, R. Winston, **"Lens-Mirror Combinations with Maximal Concentration"**, Applied Optics, October 1977, Vol. 16 10.

[2] R. Winston, W.T. Welford – **"The Optics of Non-Imaging Concentrators"** – Academic Press, New York, 1948.

[3] M. Collares Pereira, **"High Temperature Solar Collector with Optimal Concentration – Non Focusing Fresnel Lens with Secondary Concentrator"**, Solar Energy, Vol. 23, 1979.

[4] A. Rabl – **"Active Solar Collectors and Their Applications"** – Oxford University Press, New York, 1985.

[5] M. Collares Pereira, M.J. Carvalho, J.M. Gordon, A. Rabl, **"Truncation of CPC Solar Collectors and its Effect on Energy Collection"**, Solar Energy, Vol. 35, 5, 1985.

[6] M. Collares Pereira, M.J. Carvalho, J.M. Gordon, **"Economic Optimization of Stationary Non-Evacuated CPC Solar Collectors"**, Journal of Solar Energy Engineering, February 1987.

[7] M. Collares Pereira, M.J. Carvalho, J.C. Oliveira, J. Farinha Mendes, A. Haberle, V. Wittwer, **"Optimal and Thermal Testing of a new 1.12X CPC Solar Collector"**, **"Sun at Work in Europe"**, June 1994.

[8] **SETSOL, Lda.** - Capa Rota, Manique de Cima, 2750 Sintra, Portugal.

[9] M. Collares Pereira, J. Farinha Mendes, **"Tubo de Calor para Aplicação em Colector Solar do Tipo CPC"**, IV Congresso Ibérico da Energia Solar, Porto, July 1988.

[10] M. Collares Pereira, J.M. Gordon, A. Rabl, B. Leide, M.J. Carvalho, **"Accuracy of the European Solar Water Heater Test Procedure, Part 2: Prediction of Long-Term Performance"**, Solar Energy, 1991, vol. 47, pp 17-25.

[11] **ARDISS (EU) Project**: leader – CIEMAT (Madrid) with the participation of INETI (Lisbon).

[12] **HCM Project** with PSA – Almeria (Spain), with the participation of INETI.

[13] Kritcheman E., **"Optimized Second Stage Concentrator"**, Appl. Optics, 20:2929, 1981.

Kritcheman E., **"Non-Imaging Second Stage Elements – a Brief Comparison –"**, Appl. Optics, 20:3824, 1982.

[14] T.M. Gordon, H. Ries, **"Tailored Edge-Ray Concentrators as Ideal Second Stages for Fresnal Reflectors"**, Applied Optics, 93, vol. 32, # 13.

[15] **Archimedes Proposal**, presented to JOULE Program (DGXII).

[16] R. Winston, D. Locke, P. Gleckman, H. Krebs, J. O'Gallagher, D. Sagie, **"Brighter than the Sun"**, Proceedings ISES Solar World Congress, Denver 1991.

[17] M. Collares Pereira, J.M. Gordon, **"Amorphous Silicon Photovoltaic Solar Cells - Inexpensive, High Yeld Optical Designs"**, A.S.M.E. Journal of Solar Energy Engineering, 1989.

[18] A. Yogev, Weizman Institute of Science, Rebovot, 76100, Israel.

[19] J.C. Miñano, J. C. Gonzalez, **"New Method of Design of Non-Imaging Concentrators"**, Applied Optics, June 1992, vol. 31, #16.

[20] A.Luque, J.C. Miñano, **"Optical Aspects in Photovoltaic Energy Conversion"**, Solar Cells, 31, 1991 (237-258).

GEOMETRICAL RELATIONS FOR NON-INERTIAL OBSERVERS

M. Hermínia Marçal
Centro de Electrodinâmica, I.S.T., U.T.L.
Original submetido em 20 de Julho de 1995

ABSTRACT

The fundamental quadratic form and other geometrical and kinematical relations for a non-inertial observer are obtained by a derivation which makes use of base vector tetrads. The method is conceptually simple and clarifies the physical meaning of the quantities involved.

RESUMO

A forma quadrática fundamental e outras relações de carácter geométrico que se aplicam a um observador em movimento acelerado são obtidas no presente trabalho recorrendo ao formalismo das tétradas. O método é conceptualmente simples e contribui para o esclarecimento do significado das grandezas intervenientes.

1. INTRODUCTION

All the information on the geometric structure of space-time is contained in the quadratic form ds^2 which provides a way of computing the separation between adjacent events. In inertial frames the interval between two infinitesimally separated events is given by the particularly simple form

$$ds^2 = c^2 dT^2 - dX^2 - dY^2 - dZ^2 \tag{1}$$

when Minkowski coordinates (X, Y, Z, cT) are used.

The separation between simultaneous events ($dT=0$) yields the spatial distance, dl, between the reference points (X, Y, Z), and ($X+dX$, $Y+dY$, $Z+dZ$)

$$-dl^2 = dX^2 + dY^2 + dZ^2 \tag{2}$$

This coincidence, apart from the signal, between the metric of the three-dimensional space and the spatial part of the metric of the four-dimensional space-time does not apply when general curvilinear coordinates are used [1]. The line element is then written as

$$ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k \tag{3}$$

where the metric coefficients are, in general, functions of position.

The spatial geometry at reference point A(x^α) is determined by Møller, [1], who makes use of the inertial system I_0 relative to which A is at rest at coordinate time t.

On the other hand Landau and Lifchitz, [2], define the spatial distance between two adjacent points, O and P, to be $dl = c d\tau/2$, where $d\tau$ is the proper time elapsed at O between the emission and reception of an electromagnetic signal instantaneously reflected by P.

Either method leads to the well-known relation

$$-dl^2 = \left(g_{\alpha\beta} - g_{\alpha 4} g_{\beta 4} / g_{44}\right) dx^\alpha dx^\beta \tag{4}$$

The approach followed here is a development and generalization of previous work, [3], and relies on measurements performed by an observer who carries his own clock and reference axes. The observer may, or may not, be at rest

[1] Exception made for time-orthogonal coordinates, in which case the $g_{\alpha 4}$ metric coefficients appearing in (3) are null. The following convention is used throughout the text: Greek indices vary from 1 to 3, Latin indices vary from 1 to 4.

relative to the underlying coordinate system. In either case, we take the unit tangent to the observer's worldline to be his time axis at a given time τ, and define his space axes as three unit spacelike vectors orthogonal to the time axis.

It will be shown that the use of such base vector tetrads provides an alternative, conceptually simple method for deriving the spatial geometry and other related kinematical expressions in an arbitrary reference frame. The consistency of the apparently unrelated methods of Møller and Landau and Lifchitz is clarified.

2. THE OBSERVER'S LOCAL FRAME AND COORDINATES

Let us consider an observer, O, moving along an arbitrary timelike worldline $x^i(\tau)$. By "τ" we mean the observer's proper time and (x^i) are the global, curvilinear coordinates which describe the inertial frame S(x^i) relative to which O is in accelerated motion [2].

At a given event on the observer's worldline a local reference frame is defined as follows, [3]:

- The time axis, $\lambda_{(4)}$, is the unit tangent to the worldline $x^i(\tau)$, i. e., $\lambda_{(4)} = \mathbf{U}/c$ where $\mathbf{U}$ is the observer's four-velocity;
- The space axes $\{\lambda_{(a)}\}$ are a set of three orthogonal unit spacelike vectors, orthogonal to $\lambda_{(4)}$.

In tensorial notation the above relations are written as

$$\lambda^i_{(4)} = U^i/c$$
$$g_{ik}\lambda^i_{(a)}\lambda^k_{(b)} = \eta_{(ab)} \tag{5}$$

where $\eta_{(ab)} = -1$ for $a=b$ and is null for $a \neq b$.

Whenever convenient we shall write the orthogonality relations in the following alternative way

$$\lambda_{(a)i}\lambda^{(b)i} = \delta^b_a$$
$$\lambda^i_{(a)}\lambda^{(a)}_k = \delta^i_k \tag{6}$$

where δ^i_k is the Kronecker symbol.

At all points on his worldline the observer is at rest relative to $\{\lambda_{(a)}\}$ since the four-velocity $\mathbf{U}$ has no components along the space axes. Therefore $\{\lambda_{(a)}\}$ is called a "comoving" tetrad.

Let a point P in the vicinity of O be defined by its separation $\mathbf{dP}$ from the position of O at proper time t, as represented in Fig. 1.

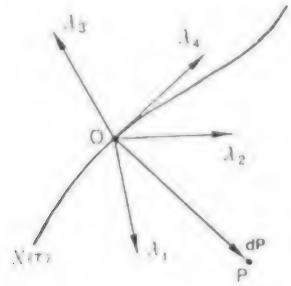


Fig. 1

[2] The present discussion is restricted to flat space-time.

The components of **dP** along $\{\boldsymbol{\lambda}_{(a)}\}$ are the coordinates that the observer assigns to event P. We then have $\mathbf{dP} = d\sigma^{(a)}\boldsymbol{\lambda}_{(a)}$ and the following relations apply

$$dx^i = d\sigma^{(a)}\lambda^i_{(a)}$$
$$d\sigma^{(a)} = \lambda^{(a)}_i dx^i \tag{7}$$

The line element $ds^2 = \mathbf{dP.dP}$ when expressed in the observer's coordinates takes the form

$$ds^2 = g_{ik}dx^i dx^k = \eta_{(ab)}d\sigma^{(a)}d\sigma^{(b)} \tag{8}$$

Thus (7) may be interpreted as the (local) coordinate transformation that brings the metric to the Minkowski form at each point on the observer's worldline.

We consider now an object, O′, e.g. a point particle, moving along a timelike worldline z(τ') where τ' is the object's proper time. At some point on its trajectory the object intercepts the observer's wordline as in Fig. 2.

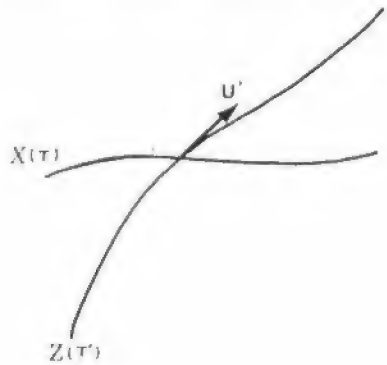


Fig. 2

The object's four-velocity at that point, **U′**, has the following components along the reference axes of the observer

$$U^{(a)} = \lambda^{(a)}_i U'^i = \frac{d\sigma^{(a)}}{d\sigma^{(4)}}\frac{d\sigma^{(4)}}{d\tau'} \tag{9}$$

We also have

$$ds^2 = c^2 d\tau'^2 = d\sigma^{(4)}d\sigma_{(4)} + d\sigma^{(\alpha)}d\sigma_{(\alpha)} = d\sigma^{(4)2}\left[1 - \left(\frac{V^{(\alpha)}}{c}\right)^2\right] \tag{10}$$

where $V^{(\alpha)} = c\,d\sigma^{(\alpha)}/d\sigma^{(4)}$ is a three-dimensional velocity, dependent on the relative motion of object and observer, but independent of the coordinate system S(x^i) because the differentials $d\sigma^{(\alpha)}$, $d\sigma^{(4)}$ are scalars. These quantities have the following simple meaning: $d\sigma^{(4)}/c$ is the coordinate time, $d\sigma^{(\alpha)}$ the space coordinates and $V^{(\alpha)}$ the velocity of O′ as measured in the observer's local comoving inertial frame. Consequently (10) gives the rate of a clock transported by the object expressed in the observer's local coordinates. In the particular circumstance $V^{(\alpha)} \equiv 0$ we have $ds = c\,d\tau = d\sigma^{(4)}$ which means that the observer's proper time is coincident with the coordinate time $d\sigma^{(4)}/c$ in his local frame.

3. A TETRAD-BASED APPROACH TO SIMULTANEITY AND SPATIAL DISTANCE IN ARBITRARY REFERENCE FRAMES

When O is at rest in the coordinate system S(x^i) the equations defining his worldline are $x^\alpha = \text{constant}$. The components of his time axis are

$$\lambda'_{(4)} = \left[0 \quad 0 \quad 0 \quad 1/\sqrt{g_{44}}\right] \tag{11}$$

and from the orthonormality relations we have

$$\lambda_{4(\alpha)} = 0 \qquad \lambda_{4(4)} = \sqrt{g_{44}} \tag{12}$$

If the metric coefficients $\eta_{(ab)}$ and $\eta^{(ab)}$ are used to lower and raise the indices in brackets we also have

$$\lambda_4^{(\alpha)} = 0 \qquad \lambda_4^{(4)} = \sqrt{g_{44}}$$

$$\lambda_i^{(4)} = \lambda_{i(4)} = g_{ik}\lambda^k_{(4)} = g_{i4}/\sqrt{g_{44}} \tag{13}$$

The spatial part of the line element coincides with ds² for a simultaneous measurement $\left(d\sigma^{(4)} = 0\right)$. Consequently it yields the spatial distance between O and an adjacent point. It is easily expressed in the differentials d*x* as follows

$$\begin{aligned} d\sigma^{(\alpha)} d\sigma_{(\alpha)} &= \lambda_i^{(\alpha)} dx^i \lambda_{k(\alpha)} dx^k \\ &= \left[\lambda_\mu^{(\alpha)} \lambda_{i(\alpha)} - \lambda_\mu^{(4)} \lambda_{i(4)}\right] dx^\mu dx^i \end{aligned} \tag{14}$$

The first term in brackets may be written in the form $\lambda_\mu^{(\alpha)}\lambda_{i(\alpha)} = \eta_{(ab)}\lambda_\mu^{(a)}\lambda_\mu^{(b)} = e_\mu \cdot e_i = g_{\mu i}$. Consequently (14) expresses the spatial distance as it usually appears in the literature

$$d\sigma^{(\alpha)} d\sigma_{(\alpha)} = -dl^2 = \left(g_{\alpha\beta} - g_{\alpha 4} g_{\beta 4}/g_{44}\right) dx^\alpha dx^\beta \tag{15}$$

When $dl^2 = 0$ the line element ds coincides with its timelike part $d\sigma^{(4)}$. We obtain

$$d\sigma^{(4)} = \lambda_i^{(4)} dx^i \big|_{dx^\alpha = 0} = \sqrt{g_{44}}\, c dt \tag{16}$$

which is indeed the well-known expression which relates the proper time of an observer at rest in an arbitrary coordinate system with the system's coordinate time dt.

The more general expression, for dl≠0 is

$$d\sigma^{(4)} = \lambda_i^{(4)} dx^i = c dt \left(\sqrt{g_{44}} + \frac{g_{\alpha 4}}{\sqrt{g_{44}}} \frac{v^\alpha}{c} \right) \tag{17}$$

where $v^\alpha = dx^\alpha / dt$ is the coordinate velocity in S(x^i). Upon substitution of (15) and (17) in (10) we obtain

$$c d\tau' = c dt \left[\left(\sqrt{g_{44}} + \frac{g_{\alpha 4}}{\sqrt{g_{44}}} \frac{v^\alpha}{c} \right)^2 - \left(\frac{dl}{c dt} \right)^2 \right]^{1/2} \tag{18}$$

which gives the rate of the clock transported by the object expressed in the rate of the coordinate clocks in S, [1]

The consistency of this approach with Møller's method results from the fact that the observer's local frame is indeed a comoving frame where the metric assumes the Minkowski form at the observer's position. Consequently measurements in the observer's local frame coincide with measurements in the inertial system I_0 defined by Møller.

On the other hand dl is the measure of a spacelike vector orthogonal to the observer's worldline. There is only one vector inside the lightcone with vertex at P which satisfies this orthogonality condition.

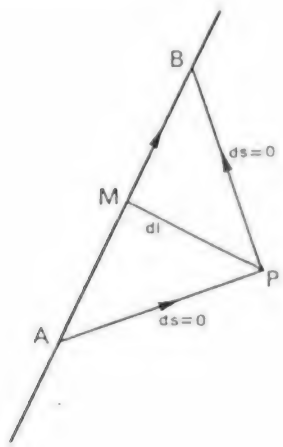


Fig. 3

With reference to Fig. 3, which shows an infinitesimal section of the wordline of O, we have for $\overline{MP} \perp \overline{AB}$

$$c^2 d\tau_1^2 - dl^2 = c^2 d\tau_2^2 - dl^2 = 0 \Rightarrow c d\tau_1 = c d\tau_2 = dl \tag{19}$$

where $c d\tau_1 = c d\tau_2$ is half the measure of the timelike $\overline{AB}$, and $\overline{AP}$, $\overline{PB}$ are null vectors. The orthogonality condition is therefore the reason for the consistency of the radar experience of Landau and Lifchitz, [2], and the present approach.

4. CONCLUDING REMARKS

Based on the orthogonality relations of a tetrad transported along an arbitrarily moving observer worldline it was shown that the fundamental quadratic form and other related expressions assume, at the observer's position, the same formalism as in Special Relativity. In the particular circumstance of an observer at rest relative to some reference system, a consistent application of the tetrad's properties allows an immediate derivation of basic kinematical relations.

REFERENCES

[1] **Møller**, C., *The Theory of Relativity*, Oxford University Press, London, 1972

[2] **Landau**, L., E. **Lifchitz**, *Théorie du Champ*, Éditions de la Paix, Moscou

[3] **Marçal,** M.H., Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 1989

aeist

Associação dos Estudantes do
Instituto Superior Técnico

Secção de Folhas

Somos especialistas em fotocópias de qualidade!

Fotocópias a cores e a preto.

Encadernações e plastificações.

Impressão rápida e entrega imediata.

Temos os melhores preços do mercado!

Contacte-nos!

Av. Rovisco Pais
1000 Lisboa

Tel.: 848 08 80
Fax: 848 40 14

PROPAGAÇÃO DE ERROS EM PROBLEMAS DE MÍNIMOS QUADRADOS

Diogo Luís Aguiar Gomes

Original submetido em 23 de Março de 1995

RESUMO

Neste artigo apresentamos um método, original para a propagação de erros em problemas de mínimos quadrados.

ABSTRACT

In this paper we present an original method for error propagation in minimum squares problems.

0. INTRODUÇÃO

Neste artigo vamos tratar a propagação de erros em problemas de mínimos quadrados. Os resultados apresentados, embora simples, são de extrema importância para as aplicações em física experimental ou engenharia. Como em muitas situações reais o número de valores experimentais disponíveis não permite um tratamento estatístico, apenas tentaremos estabelecer estimativas para os valores máximos dos erros. Para um tratamento de um ponto de vista estatístico recomendamos, por exemplo, a leitura do artigo [1].

1. ERROS E SUA PROPAGAÇÃO

1.1. Erros de medidas experimentais

Comecemos por explicar o que entendemos por erro de uma grandeza experimental. Suponhamos que temos uma experiência onde pretendemos medir uma grandeza escalar x. Como todos os aparelhos de medida têm limitações de precisão, apenas podemos garantir que a grandeza medida se encontra em um dado intervalo $]x-\Delta x, x+\Delta x[$. À grandeza Δx chamaremos erro associado à medição. Estamos aqui a fazer a simplificação de que o intervalo é simétrico em torno de um ponto.

1.2. Propagação dos erros

Se a partir do valor experimental x pretendermos calcular uma nova grandeza z através da expressão

$$z = g(x), \tag{1}$$

sendo g é uma função de classe C^2. Podemos garantir que a imagem por g do intervalo $]x-\Delta x, x+\Delta x[$ verifica

$$g(]x-\Delta x, x+\Delta x[) \subset \left]g(x) - \left|\frac{\partial g}{\partial x}(x)\right|\Delta x + O(\Delta x^2), g(x) + \left|\frac{\partial g}{\partial x}(x)\right|\Delta x + O(\Delta x^2)\right[, \tag{2}$$

onde $O(\Delta x^2)$ é o resto de segunda ordem em Δx. Desprezando os termos de ordem superior à primeira temos, por definição,

$$\Delta z = \left|\frac{\partial g}{\partial x}(x)\right|\Delta x. \tag{3}$$

---

[1] Monitor no Dep. de Matemática do IST

Note-se no entanto que esta aproximação só é válida se Δx for suficientemente pequeno e $\left|\frac{\partial g}{\partial x}(x)\right|$ for não nulo. Se não se verificarem as duas últimas condições, os termos de ordem superior podem ser realmente importantes. Esta situação ocorre quando x é um ponto de estacionaridade de g.

Por analogia, podemos definir para o caso multidimensional, isto é, para $g:\Re^n \to \Re$ função de classe C^2, $x \in \Re^n$ e $z \in \Re$, com $z = g(x)$,

$$\Delta z = \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{\partial g}{\partial x_i}(x) \right| \Delta x_i, \tag{4}$$

generalizando a definição anterior. Daqui para a frente não nos preocuparemos com o grau de diferenciabilidade das funções em questão, assumindo sempre que estas são C^∞ de modo a evitar complicações desnecessárias.

1.3. Erros de variáveis definidas implicitamente

Se não tivermos uma expressão explícita para $z \in \Re$ em função de $x \in \Re^n$ mas antes uma relação implícita, por exemplo

$$g(x_1, \ldots, x_n, z) = 0, \tag{5}$$

teremos (em geral) de recorrer a métodos numéricos para determinar o valor de z. No entanto a expressão para o erro Δz é dada explicitamente pela expressão

$$\Delta z = \sum_{i=1}^{n} \left| \left(\frac{\partial g}{\partial z} \right)^{-1} \frac{\partial g}{\partial x_i} \right| \Delta x_i, \tag{6}$$

se nos encontrarmos nas condições do teorema da função implícita (ver [2]), isto é se $g:\Re^n \to \Re$ verificar

$$\frac{\partial g}{\partial z}(x_1, \ldots, x_n, z) \neq 0. \tag{7}$$

De facto, atendendo a que temos

$$\frac{\partial x_i}{\partial z} = -\left(\frac{\partial g}{\partial z} \right)^{-1} \frac{\partial g}{\partial x_i}, \tag{8}$$

por substituição de (8) na fórmula (4) obtemos (6).

No caso de $g:\Re^n \to \Re^m$ ($g = (g_1, \ldots, g_m)$), $x \in \Re^n$ e $z \in \Re^m$, definindo as componentes da matriz M

$$M_{sk} = \frac{\partial g_k}{\partial z_s}, \tag{9}$$

com $1 \leq s \leq m$ e $1 \leq k \leq m$, e se se verificar $\det M \neq 0$, temos (com $N = M^{-1}$)

$$\Delta z_k = \sum_{i=1}^{n} \left| \sum_{s=1}^{m} N_{ks} \frac{\partial g_s}{\partial x_i} \right| \Delta x_i. \tag{10}$$

2. PROBLEMAS DE MÍNIMOS QUADRADOS

Vamos agora tratar o problema do cálculo do erro associado à determinação de parâmetros através do método dos mínimos quadrados que é de facto a parte original deste artigo. Este método é utilizado para calcular o valor dos parâmetros $a \in \Re^m$ que, para os dados experimentais $x, y \in \Re^n$, minimizam a soma do quadrado dos erros

$$\sum_{i=1}^{n} \left(f(x_i, y_i, a) \right)^2, \tag{11}$$

em que $f: \Re \times \Re \times \Re^m \to \Re$ é uma função se anularia em todos os pontos experimentais para o valor correcto do parâmetro a se não existissem erros na determinação dos dados. Supõe-se também que o valor absoluto de f mede o desvio em relação ao modelo teórico em questão.

Derivando (11) em ordem a a, obtemos as condições de estacionaridade

$$\sum_{i=1}^{n} f_i \frac{\partial f_i}{\partial a_k} = 0 \tag{12}$$

com $1 \le k \le m$ e com $f_i = f(x_i, y_i, a)$. Para que (12) determine um mínimo é suficiente que a matriz P das derivadas de (12) (isto é a matriz hessiana de (11)) cujas componentes são dadas por

$$P_{sk} = \sum_{i=1}^{n} f_i \frac{\partial^2 f_i}{\partial a_s \partial a_k} + \frac{\partial f_i}{\partial a_s} \frac{\partial f_i}{\partial a_k}, \tag{13}$$

seja definida positiva. Se esta condição se verificar estamos automaticamente nas condições do teorema da função implícita ($\det P \neq 0$, pois a matriz é definida positiva e assumimos condições de regularidade em f) e portanto temos

$$\frac{\partial a_k}{\partial x_j} = -\sum_{s=1}^{m} Q_{ks} b_{sj}^{x} \quad \text{e} \quad \frac{\partial a_k}{\partial y_j} = -\sum_{s=1}^{m} Q_{ks} b_{sj}^{y} \tag{14}$$

sendo $Q = P^{-1}$ e

$$b_{sj}^{x} = f_j \frac{\partial^2 f_j}{\partial x_j \partial a_s} + \frac{\partial f_j}{\partial x_j} \frac{\partial f_j}{\partial a_s} \quad \text{e} \quad b_{sj}^{y} = f_j \frac{\partial^2 f_j}{\partial y_j \partial a_s} + \frac{\partial f_j}{\partial y_j} \frac{\partial f_j}{\partial a_s}. \tag{15}$$

Suponhamos que a cada par (x_i, y_i) de dados experimentais estão associados erros de medição Δx_i e Δy_i. Por substituição de (14) em (4), atendendo a que g é substituído por $a(x, y)$, obtemos a expressão para o erro da componente k de a, Δa_k

$$\Delta a_k = \sum_{j=1}^{n} \left| \sum_{s=1}^{m} Q_{ks} b_{sj}^{x} \right| \Delta x_j + \sum_{j=1}^{n} \left| \sum_{s=1}^{m} Q_{ks} b_{sj}^{y} \right| \Delta y_j. \tag{16}$$

Obtivemos portanto uma fórmula explícita para o erro das componentes de a, independente do modo como estas foram determinadas; isto é, mesmo que as equações (12) só tenham solução numérica é possível, utilizando (16) determinar Δa_k directamente.

3. EXEMPLO

Como exemplo vamos considerar o problema de mínimos quadrados associado à função $f(x,y,a)=y-\frac{a}{x}$, ou seja pretendemos determinar o mínimo de

$$\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-\frac{a}{x_i}\right)^2 \tag{17}$$

em ordem a a como função de $x,y\in\Re^n$. A função a minimizar foi escolhida por ser um exemplo simples e interessante, de modo a ilustrar convenientemente este método.

Derivando a expressão (15) em ordem a a e igualando a zero obtemos a expressão para a (neste caso foi possível determinar uma expressão explícita embora em geral isto não aconteça nem seja necessário para determinar Δa)

$$a=\frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{y_i}{x_i}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{x_i^2}}. \tag{18}$$

Se quisermos determinar Δa, apenas temos de aplicar a fórmula (16) com

$$b_j^x=\frac{y_j}{x_j^2}-\frac{2a}{x_j^3} \quad \text{e} \quad b_j^y=-\frac{1}{x_j}, \tag{19}$$

onde se omitiu o índice s por a ser escalar, e

$$Q=\frac{1}{\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{x_j^2}}. \tag{20}$$

Assim escrevendo explicitamente temos

$$\Delta a=\sum_{i=1}^{n}Q\left(\left|b_i^x\right|\Delta x_i+\left|b_i^y\right|\Delta y_i\right)=\frac{\sum_{j=1}^{n}\left|\frac{y_j}{x_j^2}-\frac{2a}{x_j^3}\right|\Delta x_j+\left|\frac{1}{x_j^2}\right|\Delta y_j}{\sum_{j=1}^{n}\frac{1}{x_j^2}}. \tag{21}$$

4. OBSERVAÇÕES

Antes de acabar, gostaríamos de chamar a atenção para dois pontos que nos parecem importantes. O primeiro é que apesar de geralmente se poder utilizar a expressão apresentadas para propagar os erros, estas são aproximações válidas somente para erros pequenos. Portanto, quando estamos em situações em que existem erros demasiado grandes, as fórmulas podem deixar de fazer sentido por completo quer fornecendo estimativas para o erro exageradas ou pelo contrário subestimando o seu valor. Quando se verifica esta situação, há que trabalhar directamente com os intervalos de confiança, isto é, se $x\in\left]x-\Delta x,x+\Delta x\right[$ e $y=f(x)$ então $y\in f\left(\left]x-\Delta x,x+\Delta x\right[\right)$ sem atribuir um valor ao erro; ou então tentar controlar melhor o procedimento experimental de modo a diminuir os erros em questão.

O segundo ponto que merece ser referido é que é possível introduzir pesos no problema de mínimos quadrados, isto é, substituir (11) por

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i f_i^2 \tag{22}$$

para constantes $\alpha_i \geq 0$ escolhidas de modo a minimizar o erro Δa_k para algum (ou alguns) valor de k. Isto corresponde de algum modo ao processo empírico de desprezar os dados que mais se afastam dos valores teóricos.

5. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Professor Abreu Faro o cuidado com fez a revisão do original.

BIBLIOGRAFIA

[1] **Ku**, H. H. "Notes on the Use of Propagation of Error Formulas", Journal of Research of the National Bureau of Standards, Vol. 70C, n.º 4, 1966.

[2] **Spivak**, M. "Calculus on Manifolds", Benjamin 1965.

Intercidades IC

Da sua cidade para tantas cidades

Rapidez, conforto, preços reduzidos

Caminhos de Ferro Portugueses

ON THE THEORY OF THE ROTATING RING-DISC ELECTRODE

P.S.D. Brito, R.M.M. Antunes and C.A.C. Sequeira
Instituto Superior Técnico
Original submetido em 27 de Julho de 1995

ABSTRACT

The hydrodynamics of the rotating disk electrode can be turned to advantage by adding another electrode as a ring surrounding the disk electrode. In this paper a brief discussion of the theory of this rotating ring-disc electrode is presented.

1. INTRODUCTION

In a previous paper [1], the theory of the simple rotating disc electrode was briefly discussed. The rotating ring-disc electrode is another system where the mass transport of electroactive species to the electrode is well defined. In this paper, we present a brief discussion of the theory of the rotating ring-disc electrode (RRDE), whose geometry is shown in Figure 1.

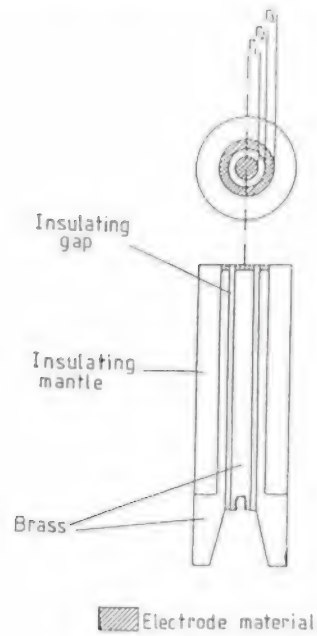


Fig. 1 The rotating ring-disc electrode

2. THE GENERAL MASS TRANSFER EQUATION

The general rate of mass transfer of species A to an electrode in solution is given by the Nernst-Planck equation:

$$\bar{J} = c\,\bar{v} - D\,grad\,c - \frac{zF}{RT}\,Dc\,grad\,\varphi \qquad (1)$$

where $\bar{J}$ is the flux of species A (mol S^{-1} cm^{-2}), D is the diffusion coefficient (cm^{-2} s^{-1}), c and z are the concentration (mol cm^{-3}) and charge of A respecti-

vely, φ is the potential and $\bar{v}$ is the velocity (cm s^{-1}). F, R and T have the usual meaning. The three terms on the right-hand side represent the components of the flux due to convection, diffusion, and migration, respectively. For solutions containing an excess of background electrolyte the migration term can be neglected.

3. THE LEVICH EQUATION

The RRDE, Figure 1, consists of a central disc electrode surrounded by a thin layer of insulating material and then a concentric ring electrode. It was first developed by Frumkin and Nekrasov [2] to detect unstable intermediate species generated on the disc electrode. Because of the controlled and calculable mass transport properties, as for the RDE, a rigorous mathematical treatment of the ring current is possible.

The limiting current on the ring $i^{o}_{R,L}$, when the disc electrode is at open circuit ($i_D = 0$) was first calculated by Levich [3] who found that

$$i^{o}_{R,L} = 1.554\, nF\pi\, (r_3^3 - r_2^3)^{2/3}\, D^{2/3}\, \upsilon^{-1/6}\, C_\infty\, W^{1/2} \qquad (2)$$

This can be written in terms of the limiting disc current $i_{D,L}$, (equation 16 in reference 1), to yield

$$i^{o}_{R,L} = \beta^{2/3}\, i_{D,L} \qquad (3)$$

where

$$\beta = \left\{ \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3 - \left(\frac{r_3}{r_1}\right)^3 \right\} \qquad (4)$$

and r_1 is the radius of the disc, r_2 the inner radius of the ring, and r_3 the outer radius of the ring.

4. COLLECTION EFFICIENCY

We now consider the case in which the disc electrode is set to pass a constant current and the ring is used to detect the product of the disc reaction. For example,

$$\text{Disc:}\quad O + ne^- \rightarrow R$$
$$\text{Ring:}\quad R - ne^- \rightarrow O$$

The fraction of the product of the disc which is detected on the ring is called the collection efficiency

$$N_o = -\frac{i_R}{i_D} \qquad (5)$$

the negative sign arises from the fact that i_R and i_D are in opposite direction.

Albery and Bruckenstein [4] analytically solved the convective-diffusion problem for the RRDE and found that for reversible reactions N_o is only dependent on the radii of the two electrodes:

$$N_o = 1 - F(\alpha/\beta) + \beta^{2/3}\left[1 - F(\alpha)\right]$$
$$-(1+\alpha+\beta)^{2/3}\left[1 - F\left[(\alpha/\beta)(1+\alpha+\beta)\right]\right] \qquad (6)$$

where

$$F(\theta) = \frac{3^{1/2}}{4\pi} \ln\left\{\frac{(1+\theta^{1/3})^3}{(1+\theta)}\right\} + \frac{3}{2\pi}\arctan\left(\frac{2\theta^{1/3}-1}{3^{1/2}}\right) + \frac{1}{4} \qquad (7)$$

and $\alpha = (\frac{r_2}{r_1})^3 - 1$ (8)

It has been found that N_o values calculated from equation (6) above are in excellent agreement with experimentally determined values. Figure 2 shows a schematic ring-disc polarogram in a collection experiment. The schematic concentration profiles are shown in Figure 3.

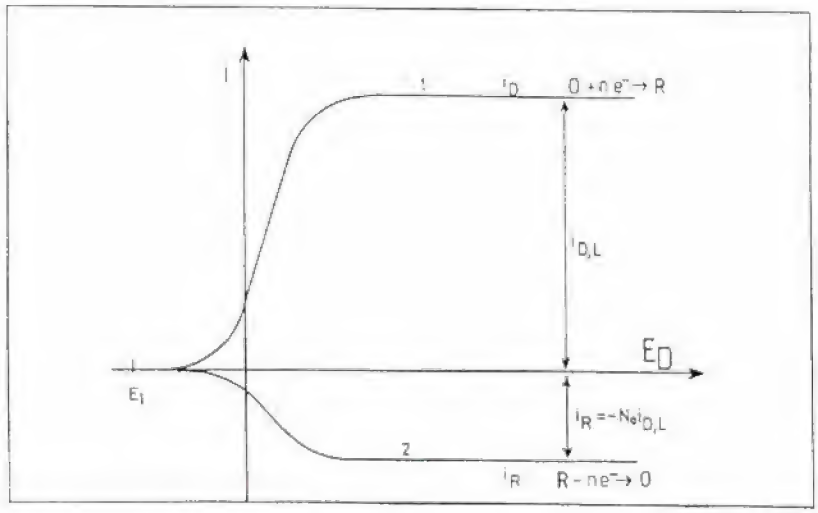


Fig. 2 Schematic ring-disc polarograms;
(1) i_D vs E_D, and 2) i_R vs E_D in a collection experiment.

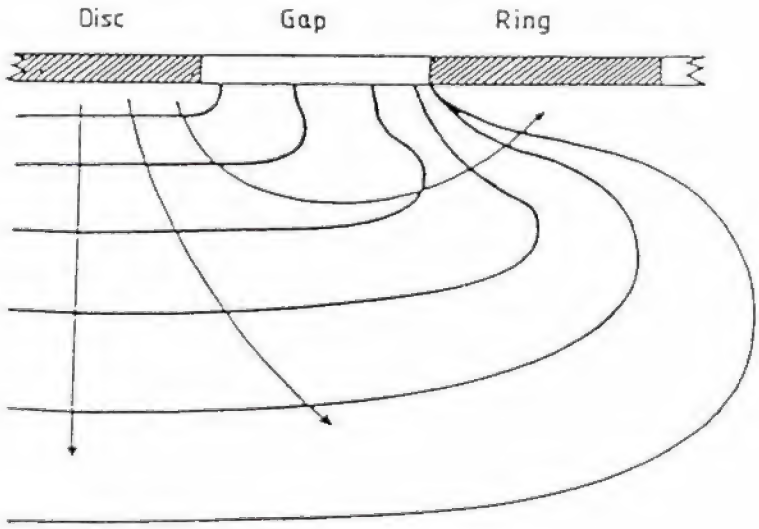


Fig. 3 Schematic concentration profile at an RRDE.

5. SHIELDING

In a basic shielding experiment, the ring potential is such that it carries out the same reaction as the disc:

$$\text{Disc: } O + ne^- \rightarrow R$$
$$\text{Ring: } O + ne^- \rightarrow R$$

The ring current in this case will be less than the expected value because some of the electroactive species which would normally be oxidised at the ring will react at the disc. We have seen that when the disc is at open circuit ($i_D = 0$) the limiting current at the ring is given by equation (3). However, if the disc current is not zero, the ring current will be decreased by the collection efficiency times the disc current. Hence, the limiting ring current for any i_D is

$$i_{R,L} = i^{o}_{R,L} - N_o i_D \tag{9}$$

Thus, when the disc current is at its limiting value (equation 3) we can write

$$i_{R,L} = i^{o}_{R,L} (1 - N_o \beta^{-2/3}) \tag{10}$$

where $(1 - N_o \beta^{-2/3})$ is the shielding factor. The shielding factor is always positive and less than unity and describes the maximum decrease in ring current when ring and disc are carrying out the same reactions. Figure 4 shows a ring polarogram when $i_D = 0$ and the shift in the polarogram by an amount $N_o i_D$ when ring and disc are in the shielding mode.

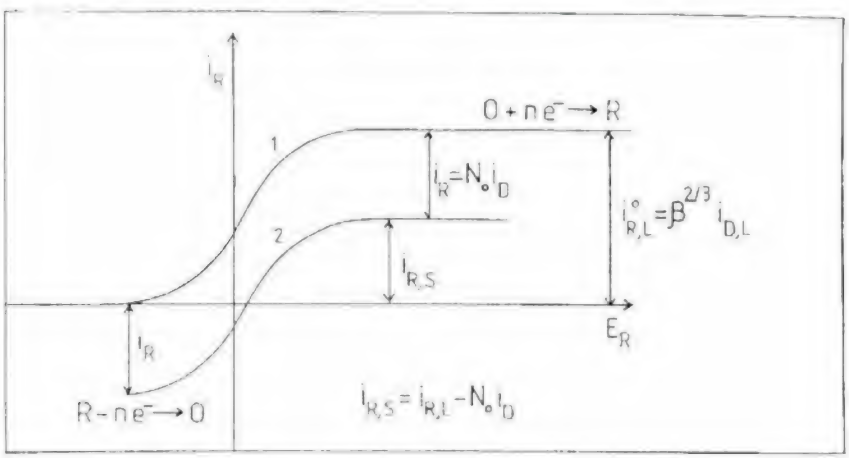


Fig. 4 Ring polarograms illustrating the shielding effect;
(1) i_R vs E_R with $i_D = 0$, and (2) i_R vs E_R with $i_D \neq 0$.

Shielding experiments are used for precise determination of the quantity of electroactive species consumed at the disc, including those lost in non-faraday processes such as adsorption or a chemical reaction.

6. NON-STEADY-STATE TECHNIQUES

Although the main application of the RRDE is to study the kinetics of a reaction under steady-state conditions, various other techniques have been used where the concentration profile and current are functions of time. Some techniques involve the observation of the disc or ring current following a step on the disc current or disc potential, others consist of the modulation of the disc current, disc potential or even rotation speed and the comparison of the response to the applied stimulus.

The solution of the non-steady-state problem for a potential step at the RRDE is discussed by Albery and Hitchmann [5] and several approaches to the solution are given. Figure 5, from reference [5], shows disc and ring currents that follow a potential step or a current step at the disc electrode.

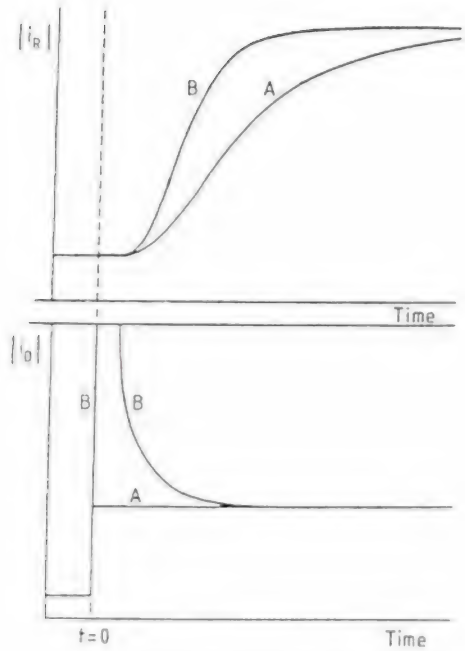


Fig. 5 Disc and ring currents for (A) a galvanostatic, and (B) a potentiostatic step at the disc electrode.
From reference [5]

Alternating current techniques for the RRDE have been developed by Albery et al. [6-9]. They consist of a small sinusoidal modulation superimposed on top of a galvanostatically controlled disc current. The ring is then used in either a collecting or shielding mode. In both cases the ring current will also be modulated. By comparing the ring modulation to the disc modulation, it is possible to quantify the amount of adsorption taking place at the disc electrode.

Some of these techniques have been used in several studies and more details, namely on their practical applications, will be given in subsequent papers.

7. FINAL REMARK

The hydrodynamics of the rotating disk electrode can be turned to advantage by adding another electrode as a ring surrounding the disk electrode as shown in Figure 1. As shown in Figure 4 of reference [1], solution which flows to the central disk electrode is then flung outward by centrifugal force and flows past the concentric ring electrode. Thus the solution can be sampled electrochemically at the ring shortly after undergoing an electron-transfer process. The key parameter is the *collection efficiency, i.e.,* the fraction of disk electrode product which can be sampled at the ring. This parameter depends on the electrode geometry only, independent of rotation speed, diffusion coefficients, etc., and is typically on the order of 0.5. Thus if a species is reduced at the disk, about half the product can be reoxidised at the ring. If the disk product is involved in a chemical reaction, the collection efficiency will be less than theoretical and will then depend on rotation speed, approaching theory at faster speeds.

The method is comparable in some respects to cyclic voltammetry [10] in that the products of electron-transfer reactions can be studied, but, because the transport equations can be solved more exactly (it is a steady-state experiment) and because the ring electrode potential can be controlled inde-

pendently of the disk, the method is capable of greater flexibility. The main disadvantage of the method is economic: ring-disk electrodes are difficult to make and thus are expensive. Two indicator electrode potentials must be controlled using a so-called bipotentiostat, which is about twice as complicated (and four times as expensive) as an ordinary potentiostat. For further details, see the book by Albery and Hitchmann [5].

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to express their thanks to JNICT, Portugal, for financial support (BD/899/90-RM and PRAXIS XXI-BD/3438/94).

REFERENCES

[1] Brito, P.S.D., Antunes, R.M.M. and Sequeira, C.A.C., Técnica, **2/95,** 54 (1995).

[2] Frumkin, A.N. and Nekrasov, L.I., Dokl. Akad. Nauk. SSSR, **126,** 115 (1959).

[3] Levich, V.G., "Physicochemical Hydrodynamics", Prentice Hall, Englewood Cliffs (1962).

[4] Albery, W.J. and Bruckenstein, S., Trans. Faraday Soc., **62,** 1920 (1966).

[5] Albery, W.J. and Hitchmann, M.L., "Ring-Disc Electrodes", Clarendon Press, Oxford (1971).

[6] Albery, W.J., Drury, J.S. and Hutchinson, A.P., Trans. Farad. Soc., **67**, 2414 (1971).

[7] Albery, W.J., Davis, A.H. and Mason, A., Farad. Disc. Chem. Soc., **56**, 317 (1973).

[8] Albery, W.J., Compton, R.G. and Hillman, A.R., J. Chem. Soc. Farad. Trans. I, **74**, 1007 (1978).

[9] Albery, W.J. and Hillman, A.R., J. Chem. Soc. Farad. Trans. I, **75**, 1623 (1979).

[10] Martins, M.A.G. and Sequeira, C.A.C., Técnica, **1/84,** 47 (1984).

INCÊNDIOS EM NÚCLEOS URBANOS ANTIGOS VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS NA MOURARIA

José Manuel Felizardo Gonçalves
Licenciado em Engenharia Civil, Mestre em Construção
Original submetido em 20 de Julho de 1995

RESUMO

O problema dos incêndios nos centros históricos desde sempre preocupou as populações devido aos riscos de perdas humanas e de valores culturais de que os edifícios fazem parte integrante. Por outro lado a intensa procura de espaços para actividades e as restrições urbanísticas em matéria de construção levaram a uma sobreocupação dos edifícios existentes com a sua mudança gradual para fins não habitacionais. A este fenómeno associa-se o agravamento dos riscos já existentes nessas construções salientando-se o risco de incêndio pelos seus efeitos destruidores e pelas dificuldades próprias de limitação do fenómeno.

Procurar-se-à avaliar o risco existente na área histórica da Mouraria e propor algumas medidas que se julgam mais eficazes para a limitação do risco nesta zona da cidade.

ABSTRACT

The problem of fires in historic centers always worried the populations because the risks of deaths and losses of cultural values that buildings are an example. On the other hand the pression for the occupation of those centers and the legal restrictions imposed by the authorities lead to an over-occupation of the existing buil-

1. INTRODUÇÃO

Com o incêndio do Chiado, ocorrido em 1988, foram visíveis as dificuldades no combate aos fogos urbanos nos centros históricos devidas, entre outras causas, ás particularidades dos edifícios situados nessas áreas [9], [10]. Por outro lado existem métodos de cálculo que, ao quantificar de uma forma aritmética a segurança contra incêndios num edifício, permitem avaliar a segurança de uma zona em termos de risco médio e assim possibilitam a escolha dos meios mais eficazes de prevenção.

No presente trabalho será utilizado o Método de Gretener [8] para avaliação da segurança contra incêndio na zona da Mouraria devido ao conhecimento que dele já existe no meio técnico actual.

Este método corresponde a uma determinação quantitativa do risco de incêndio em edifícios, bem como da segurança contra incêndio segundo um critério de avaliação uniforme. Com efeito, verificou-se que a avaliação dos riscos através de métodos puramente estatísticos, evidenciava certas lacunas, a saber:

1. Não possibilitava uma grande troca de experiência sobre as perdas;
2. Não apresentava uma análise adequada quanto ás causas e factores determinantes do volume de perdas o que originava uma distorção dos dados obtidos;
3. Verificava-se uma rápida alteração das condições técnicas, pondo em causa a credibilidade da experiência anterior;
4. Eram aplicados diferentes critérios de avaliação, conforme o país ou a organização envolvidos na recolha de dados.

2. DESCRIÇÃO DO MÉTODO

2.1. Apresentação

O método que agora se apresenta efectua uma análise repartida pelos vários perigos de ocorrência e propagação de um incêndio e paralelamente com o estudo das diferentes medidas de protecção ao fogo. O produto dos primeiros é quantificado como Perigo Potencial para a ocorrência de um

incêndio enquanto o produto dos factores relativos ás medidas traduz a capacidade global de protecção do edifício. A relação entre estes dois factores corrigida com um factor que se destina a ter em conta o perigo de activação permite obter o Risco Efectivo de Incêndio. Este parâmetro poderá então ser comparado com o valor do Risco de Incêndio Admissível que é calculado separadamente em função do perigo que a concentração das pessoas representa para a verificação da segurança determinando-se o valor da Segurança contra Incêndio do edifício.

dings and its gradual transformation in non-habitational places. This brings a new risk to ancient buildings which are not design to fire exposure.
It is intention to evaluate the existent risk in Mouraria and to discuss some measures to take into account in fire protection of historic centers.

2.2. Tipos de Compartimentação

Consideram-se três tipos de edifícios conforme as características que apresentam face à propagação do fogo. São eles:

- Edifícios do tipo Z: Quando a existência de células limita ou dificulta a propagação vertical e horizontal do fogo;
- Edifícios do tipo G: Quando a superfície do edifício permite uma fácil propagação horizontal do fogo, mas a sua propagação vertical encontra-se dificultada ou impedida;
- Edifícios do tipo V: Quando a constituição do edifício favorece e acelera a propagação horizontal e vertical do fogo.

2.3. Cálculo da Segurança Contra Incêndio

O cálculo do factor de exposição ao perigo parte dos conceitos de protecção ao fogo e riscos potenciais. O quociente entre os factores de perigo e as medidas de protecção multiplicado por um factor tendo em conta o grau de probabilidade do incêndio permite obter o risco efectivo de incêndio.

Dos factores de perigo podem-se distinguir dois tipos, os derivados do conteúdo do edifício e os inerentes ao próprio edifício. O produto destes factores define o perigo potencial para o edifício.

Os factores derivados do conteúdo do edifício podem por sua vez ser decompostos nos parâmetros cuja influência é mais importante para o desenrolar do sinistro, como por exemplo os equipamentos mobiliários, os materiais e as mercadorias que intervêm directamente para a carga de incêndio e a combustibilidade. Para além destes parâmetros existem os factores suplementares cuja gravidade pode vir a retardar o processo de evacuação e extinção do fogo como por exemplo a formação de fumo e a toxicidade dos materiais.

Quanto aos factores inerentes ao edifício são considerados a carga de incêndio imobiliária, o nível do andar ou altura útil do local e a sua amplidão da superfície que envolve a relação comprimento/largura. O primeiro destes factores leva em consideração a existência de materiais combustíveis como sejam os elementos da estrutura, pavimentos, fachadas e cobertura, que podem contribuir para a propagação do incêndio. O nível do andar ou a altura útil do local corresponde à altura do último piso susceptível de ser ocupado ou à altura útil do andar, no caso de se tratar de um edifício de um só piso. A amplidão da superfície do compartimento de incêndio e a sua relação comprimento/largura tem em de conta o efeito da ausência de compartimentação corta-fogo para o desenvolvimento do fogo.

Relativamente ás medidas de protecção ao fogo o método considera as medidas normais, cuja adopção deverá ser tornada obrigatória nesta zona da cidade e as medidas de protecção especiais que apenas se justificam como complemento das primeiras ou quando os factores de perigo assim o determinem.

Consideram-se ainda as medidas inerentes à construção de modo a ponderar o efeito da constituição do edifício para a resistência ao fogo.

Com base nos parâmetros indicados é possível escrever a seguinte fórmula de cálculo:

$$B = (P/M) = (q.c.r.k.i.e.g)/(N.S.F.) \quad (1)$$

em que:

B – Factor de exposição ao fogo;
P – Perigo potencial;
M – Medidas de protecção.

Perigos inerentes ao conteúdo:

q – Carga de incêndio mobiliária $\left(Q_m = \sum q_i\right)$;
c – Combustibilidade;
r – Formação de fumo;
k – Perigo de corrosão/toxicidade.

Perigos inerentes ao edifício:

i – Carga de incêndio imobiliária;
e – Nível do andar ou altura do local;
g – Amplidão dos compartimentos de incêndio e sua relação comprimento/largura.

Medidas de protecção:

N – Medidas normais;
S – Medidas especiais;
F – Medidas construtivas de protecção.

As características de ocupação humana podem ser consideradas atendendo aos seguintes factores:

- Desordem da ocupação;
- Manutenção e limpeza dos espaços;
- Disciplina ligada à utilização de chamas;
- Existência de fumadores, etc.

Estes factores podem ser quantificados através do seguinte parâmetro:

A – Perigo de activação.

A fórmula (1) pode ser completada permitindo obter o Risco Efectivo de Incêndio (R):

$$R = B.A \quad (2)$$

Este factor de risco representa a contribuição de todas as características inerentes ao edifício para a segurança global contra incêndio. Não entra em conta com o número e a mobilidade dos ocupantes dentro do edifício nem com o número de pisos.

Para considerar estes problemas é estabelecido o conceito de Risco de Incêndio Admissível (Ru), valor a comparar com o Risco Efectivo para a definição da Segurança contra Incêndios.

O Risco de Incêndio Admissível pode ser determinado da seguinte forma:

$$Ru = Rn.P_{H.E} \quad (3)$$

em que:

R_n – Risco de Incêndio Normal;
$P_{H,E}$ – Factor de correcção em função do número de pessoas e do nível do andar.

O Risco de Incêndio Normal é considerado igual a 1.3 quando não estejam envolvidos riscos especiais. Este valor leva à obtenção de um Risco Admissível de 1.3 pois neste caso o valor de $p_{H,E}$ é 1.0.

No factor de correcção considera-se a categoria de exposição ao perigo das pessoas, o nível do andar em causa e o número de pessoas no compartimento de incêndio. Este factor leva em linha de conta o tipo de edifícios conforme os riscos para os ocupantes, podendo variar do seguinte modo:

$$p_{H,E} \begin{cases} < 1 - \text{Perigo de pessoas acrescido;} \\ = 1 - \text{Perigo de pessoas normal;} \\ > 1 - \text{Perigo de pessoas reduzido.} \end{cases}$$

Com base nos valores de R e Ru torna-se possível conhecer a segurança contra incêndios do edifício e actuar de forma a melhorar a sua resposta ao fogo.

Assim o valor do Risco Efectivo não deve ultrapassar o valor do Risco Admissível, ou seja:

$$R \leq Ru \tag{4}$$

Introduzindo o conceito de "Segurança contra Incêndio" torna-se possível expressar a fórmula (4), da seguinte forma:

$$Ru/R \geq 1 \tag{5}$$

Torna-se óbvio que, com medidas de protecção adequadas pode obter-se um valor elevado para a segurança contra incêndio. Este facto será um problema a ponderar caso a caso com base em questões económicas envolvendo o valor do prémio do seguro contra incêndios.

Na presente aplicação do método entendeu-se como valor mínimo a unidade desde que sejam respeitadas as condições de protecção especificadas para cada edifício.

3. APLICAÇÃO DO MÉTODO

O método descrito foi aplicado à zona da Área Crítica da Mouraria definida de acordo com a Figura 1.

Esta zona é composta por 6 quarteirões de características variadas no que se refere aos tipos de edifícios encontrando-se organizados numa malha irregular que acompanha a encosta Noroeste da colina do Castelo de S. Jorge.

O estudo envolveu o levantamento de 116 edifícios com uma visita a todos os pisos e fracções onde se verificasse uma ocupação diferente da prevista inicialmente.

A partir daqui foram elaboradas folhas de controle com a identificação do local, do tipo de edifício e dos vários factores que intervêm no método para avaliação da segurança contra incêndio. Esta avaliação foi efectuada para vários conceitos de protecção com melhoria das condições de segurança

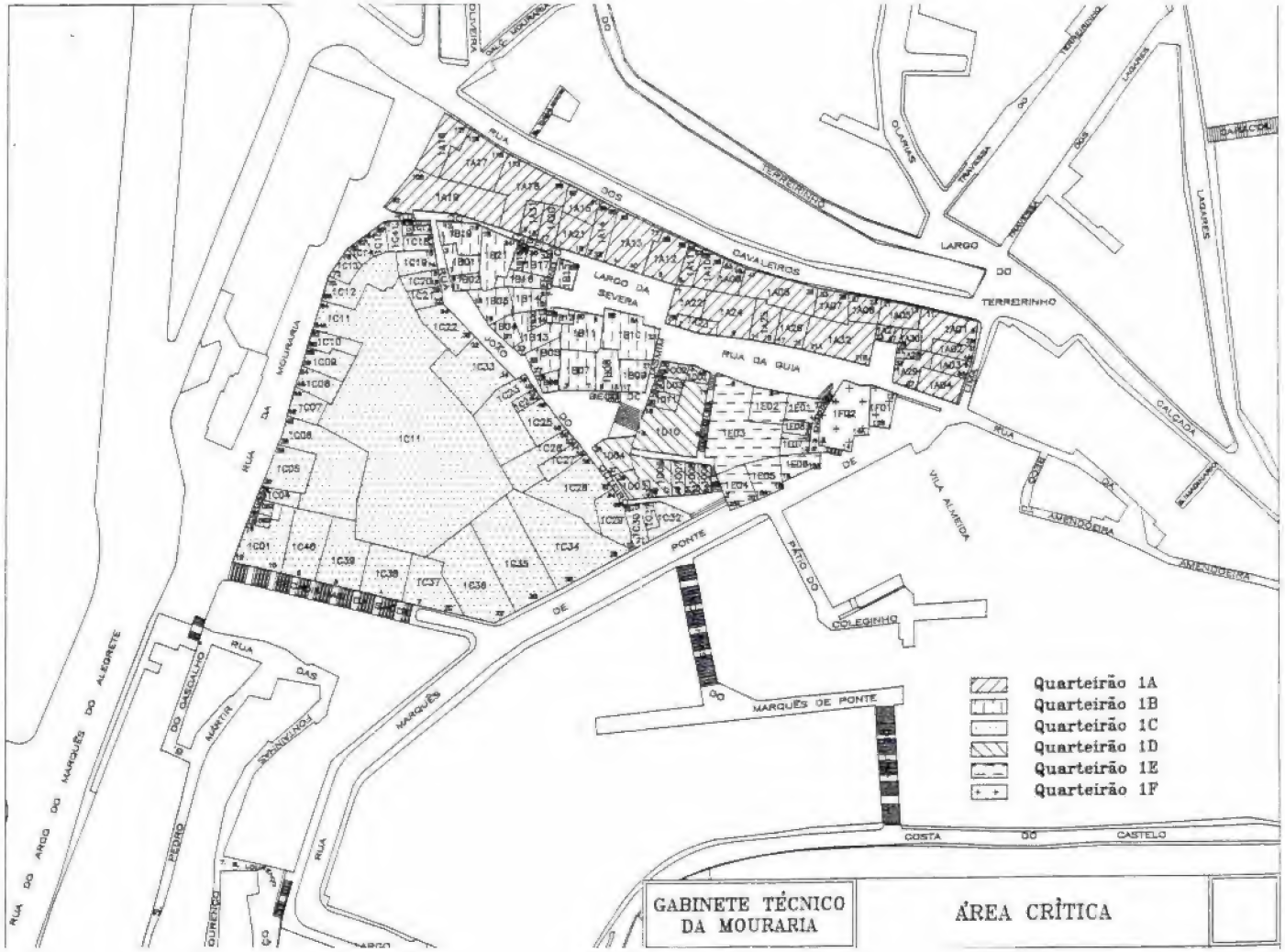

Quarteirão 1A
Quarteirão 1B
Quarteirão 1C
Quarteirão 1D
Quarteirão 1E
Quarteirão 1F
GABINETE TÉCNICO DA MOURARIA
ÁREA CRÍTICA
RUA DOS CAVALEIROS
LARGO DO TERREIRINHO
LARGO DA SEVERA
RUA DA GUIA
RUA DA MOURARIA
RUA DO ARCO DO MARQUÊS DO ALEGRETE
RUA DOS CONTINUADOS
RUA DO MARQUÊS DE PONTE
PONTE DE VILA ALMEIDA
PÁTIO DO COLEGINHO
COSTA DO CASTELO
CALÇADA
LAGARES
TRAVESSA DO TERREIRINHO
RUA DA AMENDOEIRA

Fig. 1

quando a segurança inicial se revelasse insuficiente (hipóteses 1 a 3 da Figura 2).

AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO PELO MÉTODO DE GRETENER

IDENTIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO

lote	Local:			
	Parte do edifício:			
	Tipo de Construção		Comp. incendio: AxB =	l/b =

	HIPOTESE 1	HIPOTESE 2	HIPOTESE 3
TIPO DE CONCEITO:			

CALCULO DO PERIGO POTENCIAL: P=q.c.r.k.i.e.g.

q - carga incêndio mobiliária	Qm =	Qm =	Qm =
c - combustibilidade			
r - perigo de fumo			
k - perigo de corrosão			
i - carga incênd. imobiliária			
e - nivel do andar			
g - amplidão de superfície			
PERIGO POTENCIAL (P):			

CALCULO DAS MEDIDAS NORMAIS: N=n1.n2.n3.n4.n5

n1 - extintor portátil			
n2 - hidrante interior			
n3 - água de extinção			
n4 - conduta de transporte			
n5 - pessoal intruído			
MEDIDAS NORMAIS (N):			

CALCULO DAS MEDIDAS ESPECIAIS: S=s1.s2.s3.s4.s5.s6

s1 - detecção do fogo			
s2 - transmissão do alarme			
s3 - sapadores bombeiros			
s4 - escalões de interv.			
s5 - instal. de extinção			
s6 - evacuad. fumo e calor			
MEDIDAS ESPECIAIS (S):			

CALCULO DAS MEDIDAS DE CONSTRUÇÃO: F=f1.f2.f3.f4

f1 - estrutura resistente	F =	F =	F =
f2 - fachadas	F =	F =	F =
f3 - pavimentos	F =	F =	F =
f4 - células corta-fogo	AF/AZ =	AF/AZ =	AF/AZ =
MED. DE CONSTRUÇÃO (F):			

Fig. 2

FACTOR DE EXPOSIÇÃO AO PERIGO: B=P/N.S.F.

B			

PERIGO DE ACTIVAÇÃO: A =			

RISCO EFECTIVO DE INCÊNDIO: R=B.A.

R			

EXPOSIÇÃO AO PERIGO DAS PESSOAS: pH,E

H - N. pessoas no compart.			
p - cat. exposição perigo			
pH,E			

RISCO DE INCÊNDIO ADMISSÍVEL: Ru=1.3xpH,E

Ru			

SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO: SI=Ru/R

SI			

NOTAS:

OCUPAÇÕES:

	Dt.º	Esq.º	Fte.			
8.º						
7.º						
6.º						
5.º						
4.º						
3.º						
2.º						
1.º						
R/C						

Fig. 2 (continuação)

Do cálculo dos valores da Segurança contra Incêndio para cada edifício obtiveram-se os quadros de resultados finais que se apresentam nas Figuras 3 a 6. É possível observar os edifícios onde foi necessário adoptar medidas de segurança ou seja, aqueles onde o valor da Segurança contra Incêndios inicial era inferior a 1.00.

As medidas foram escolhidas com base em critérios económicos e construtivos. Um sistema automático de detecção ou extinção de incêndio era aconselhado apenas se a instalação de extintores não permitisse a verificação da segurança mínima ou se as condições de funcionamento do local o justificasse. Por outro lado, antes de se aconselhar a aplicação de um S.A.D.I. (Sistema Automático de Detecção de Incêndio) era verificada a coluna eléctrica do prédio e prevista a localização da sirene de alarme. Aconselhou-se, sempre que o edifício mantivesse ocupações habitacionais, a colocação deste dispositivo na caixa de escada pelo seu funcionamento ser mais facilmente detectável pelos ocupantes.

As medidas construtivas de protecção corta-fogo e de isolamento de elementos foram aconselhadas nas situações de grandes espaços ou quando as actividades desenvolvidas no interior dos edifícios assim o determinasse.

4. CONCLUSÕES

Do presente trabalho interessa em primeiro lugar salientar, o bom comportamento das estruturas de construção tradicionais, quando devidamente protegidas, face ao risco de incêndio.

Deverá ser generalizado o emprego de elementos de isolamento e protecção adequados e correctamente integrados no edifício onde vão servir. Quando prescritos, os materiais de isolamento deverá ser verificado se vão ou não sofrer alterações, durante o seu período de durabilidade. Entre os factores a ter em conta, referem-se os seguintes:

- Tratamento das juntas de ligação entre elementos de isolamento, prevendo que possam ocorrer ataques por má utilização.
- Utilização de soluções que assegurem uma protecção das ligações dos elementos aos suportes, em especial nas ligações pregadas e aparafusadas devido ás altas temperaturas que se verificam nestes dispositivos, e que podem condicionar a resistência ao fogo de todo o conjunto.
- Dimensionamento das condutas de águas e das tubagens de esgoto de maneira a não se verificarem contactos com os elementos de isolamento que provoquem a sua degradação;
- Aplicação destes materiais por pessoal especializado, visto serem soluções homologadas que exigem o cumprimento rigoroso de todas as normas de fabrico e aplicação.

Encara-se assim, a protecção das estruturas ao fogo, como uma operação integrada nas obras de reabilitação do edifício devendo procurar-se que o material utilizado satisfaça todas as exigências, não só de segurança mas também as de ordem estética e económica.

Serão aspectos a abordar futuramente, na óptica da reabilitação integrando novos materiais, técnicas de fabrico e métodos de aplicação que simultaneamente contribuam para a melhoria do desempenho dos edifícios face ao incêndio.

O actual estágio de desenvolvimento no conhecimento dos mecanismos do fogo e o aprofundamento dos meios técnicos de prevenção e combate leva a prever uma maior capacidade para fazer face aos problemas da crescente concentração urbana nas zonas centrais das cidades. Por outro lado

AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO PELO MÉTODO DE GRETENER

RESULTADOS FINAIS
AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO (SI)

QUARTEIRÃO: 1A

LOTE	EDIFÍCIO	SI (hipóteses) a)	b)	c)	Medidas protecção	Tipo Edifício
1A01	R. Cavaleiros 1-11	0.93	1.13		2	1
1A02	R. Marq. Ponte Lima 4-4A	1.26				2
1A03	R. Marq. Ponte Lima 6-6A	1.03				2
1A04	via pública					
1A05	R. Cavaleiros 13-21	1.08	1.31		2	2
1A06	R. Cavaleiros 23-27	0.98	1.19		2	2
1A07	R. Cavaleiros 29-33	0.97	1.30		1	2
1A08	R. Cavaleiros 35-47	0.75	0.98	1.18	3	1
1A09	R. Cavaleiros 49-53	0.96	1.16		2	2
1A10	R. Cavaleiros 55-59	0.90	1.11		2	2
1A11	R. Cavaleiros 61-63	0.86	1.05		2	2
1A12	R. Cavaleiros 65-69	9.98	1.04		2	2
1A13	R. Cavaleiros 71-83	1.16			1	2
1A14	R. Cavaleiros 85-89	0.92	1.01		1	2
1A15	R. Cavaleiros 91-97	1.07			1	2
1A16	R. Cavaleiros 99-113	1.14			4	1
1A17	R. Cavaleiros 115-125	0.73	1.64		3	1
1A18	R. Mouraria 102-118	3.33			1	3
1A19	R. Mouraria 92-100	1.38			2	1
1A20	R. Capelão 17	2.23				2
1A21	Lg. Severa 1-1B	1.11				2
1A22	Lg. Severa 7-7B	0.45	1.04		3	1
1A23	R. Guia 1-7	1.50				1
1A24	R. Guia 9	1.96				3
1A25	R. Guia 11-15	2.59				3
1A26	R. Guia 17-21	1.44				2
1A27	R. Guia 23-25	1.25				2
1A28	R. Guia 30-31	2.25				2
1A29	R. Guia 33-37	1.42				2
1A30	R. Guia 27-29	1.73				2
1A31	R. Capelão 13-15	1.78				2

NOTAS:

HIPÓTESES DE PROTECÇÃO:
a) Sem medidas de protecção;
b) e c) Com medidas de protecção.

TIPOS DE EDIFÍCIOS:
1) Pombalino; 2) Gaioleiro; 3) Betão.

MEDIDAS DE PROTECÇÃO:

1) Medidas normais;
2) Medidas normais e construtivas;
3) Medidas normais, especiais e contrutivas;
4) Medidas construtivas.

Fig. 3

AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO PELO MÉTODO DE GRETENER

RESULTADOS FINAIS
AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO (SI)

QUARTEIRÃO: 1B

LOTE	EDIFÍCIO	SI (hipóteses) a)	b)	c)	Medidas protecção	Tipo Edifício
1B01	R. João do Outeiro 3-7	1,30				2
1B02	R. João do Outeiro 9-11	1.13				2
1B03	R. João do Outeiro 15-19	1.11				2
1B04	R. João do Outeiro 21	2,17				2
1B05	R. João do Outeiro 25-27	1,67				2
1B06	R. João do Outeiro 29	1,30				2
1B07	Beco do Jasmim 3-7	1,78				2
1B08	Beco do Jasmim 9-15	1,80				2
1B09	Beco do Jasmim 17-21	1.05			4	2
1B10	Lg. Severa 8A-8B	1,61				2
1B11	Lg. Severa 8-8D	1.01	1.83		3	2
1B12	Beco do Forno 6-10	2,60				2
1B13	R. João do Outeiro 23	1,88				2
1B14	Beco do Forno 6-10	1,73				2
1B15	Lg. Severa 2-B	1,73				2
1B16	Beco do Forno 2-4	1,73				2
1B17	R. Capelão 30-34	1,86				2
1B18	R. Capelão 26-28	desocupado				
1B19	R. Capelão 18-24	desocupado				
1B20	Beco do Forno 12-14	1.73				2
1B21	R. Capelão 12-16	desocupado				

NOTAS:

HIPÓTESES DE PROTECÇÃO:
a) Sem medidas de protecção;
b) e c) Com medidas de protecção.

TIPOS DE EDIFÍCIOS:
1) Pombalino; 2) Gaioleiro; 3) Betão.

MEDIDAS DE PROTECÇÃO:
1) Medidas normais;
2) Medidas normais e construtivas;
3) Medidas normais, especiais e contrutivas;
4) Medidas construtivas.

Fig. 4

RESULTADOS FINAIS
AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO (SI)

QUARTEIRÃO: 1C

LOTE	EDIFÍCIO	SI (hipóteses) a)	b)	c)	Medidas protecção	Tipo Edifício
1C01	R. Mouraria 10-16	0.90	1,08	1,19	3	2
1C02	R. Mouraria 18-20	1.63			1	2
1C03	R. Mouraria 22-24	1.69			1	2
1C04	R. Mouraria 26-28	1,57				2
1C05	R. Mouraria 30-36	0,72	0,95	1,15	3	1
1C06	R. Mouraria 38-40	0.71	0,96	1,14	3	1
1C07	R. Mouraria 42-46	1,22			2	2
1C08	R. Mouraria 48	1,09			4	2
1C09	R. Mouraria 56-58	1,59				2
1C10	R. Mouraria 60-62	1,63			1	2
1C11	R. Mouraria 64-64A	0,61	1,52		3	1
1C12	R. Mouraria 68-70	1,07			1	2
1C13	R. Mouraria 72-78	2,77				3
1C14	R. Mouraria 80-82	1,31			1	1
1C15	R. Mouraria 84-90	2,69			1	3
1C16	R. Capelão 2-8	em obras				3
1C17	R. Capelão 10	2,00				1
1C18	R. João do Outeiro 6-8	2,40				3
1C19	R. João do Outeiro 10-14	2,40				3
1C20	R. João do Outeiro 16-18	1,72				2
1C21	R. João do Outeiro 20-22	2,60				3
1C22	R. João do Outeiro 24-30	1,21				2
1C23	R. João do Outeiro 36-44	2,20				3
1C24	R. João do Outeiro 36-44 (mesmo edifício)	2,20				3
1C25	R. João do Outeiro 46-48	1,39				2
1C26	R. João do Outeiro 50-52	1.31				2
1C27	R. João do Outeiro 54-56	0,93	1,03		1	2
1C28	R. João do Outeiro 58-62	1,21				2
1C29	R. Marq. Ponte do Lima 24	1.21				2
1C30	R. Marq. Ponte do Lima 22-22A	2,01				2
1C31	R. João do Outeiro 72-74	2,01				2
1C32	R. João do Outeiro 76	desocupado				
1C33	R. João do Outeiro 32-34	1,29			4	2
1C34	R. Marq. Ponte do Lima 28	1,55				2
1C35	R. Marq. Ponte do Lima 30	1,22				2
1C36	R. Marq. Ponte do Lima 32	1,61				2
1C37	Escadinhas de Saúde 2	1,61				2
1C38	Escadinhas de Saúde 4	0,82	1,14		1	2
1C39	Escadinhas de Saúde 6	0,82	1,14		1	2
1C40	Escadinhas de Saúde 8	0,91	1,26		1	2

NOTAS:

HIPÓTESES DE PROTECÇÃO:	MEDIDAS DE PROTECÇÃO:
a) Sem medidas de protecção;	
b) e c) Com medidas de protecção.	1) Medidas normais;
	2) Medidas normais e construtivas;
TIPOS DE EDIFÍCIOS:	3) Medidas normais, especiais e contrutivas;
1) Pombalino; 2) Gaioleiro; 3) Betão.	4) Medidas construtivas.

Fig. 5

AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO PELO MÉTODO DE GRETENER

RESULTADOS FINAIS
AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO (SI)

QUARTEIÕES: 1D / 1E / 1F

LOTE	EDIFÍCIO	SI (hipóteses) a)	b)	c)	Medidas protecção	Tipo Edifício
1D01	Beco da Guia 4A-4B	4,33				2
1D02	Beco do Jasmim 24-26	1,50				2
1D03	Beco do Jasmim 24-26	1,50				2
1D04	R. João do Outeiro 31-37	1,62				2
1D05	R. João do Outeiro 39-43	1,69				2
1D06	R. João do Outeiro 45-47	1,99				2
1D07	R. João do Outeiro 49	2,18				2
1D08	R. João do Outeiro 51-53	2,18				2
1D09	R. João do Outeiro 55	1,88				2
1D10	Beco da Guia 5-11	1,37				2
1D11	Beco do Jasmim 20-22	1,59				2
1E01	Beco dos 3 Engenhos 2-4	4,08				2
1E02	R. da Guia 8	3,66				2
1E03	R. da Guia 6 (const. logradouro)	1,61				2
1E04	R. Marq. Ponte do Lima 20-20A	2,26				2
1E05	R. Marq. Ponte do Lima 18-18A	3,32				2
1E06	R. Marq. Ponte do Lima 16-16A	2,33				2
1E07	Beco dos 3 Engenhos 10-14	1,61				2
1E08	Beco dos 3 Engenhos 6-8	1,51				2
1F01	R. Marq. Ponte do Lima 12-12B	1.57				2
1F02	R. Marq. Ponte do Lima 14-14A	2,14	2,26		4	2

NOTAS:

HIPÓTESES DE PROTECÇÃO:	MEDIDAS DE PROTECÇÃO:
a) Sem medidas de protecção;	
b) e c) Com medidas de protecção.	1) Medidas normais;
	2) Medidas normais e construtivas;
TIPOS DE EDIFÍCIOS:	3) Medidas normais, especiais e contrutivas;
1) Pombalino; 2) Gaioleiro; 3) Betão.	4) Medidas construtivas.

Fig. 6

entende-se que a regulamentação existente a nível nacional e comunitário e o esforço de normalização, certificação e ensaio à escala mundial levará a uma concepção mais alargada dos meios passivos e activos de combate a incêndios nos núcleos urbanos [20].

Propõe-se como metodologia de trabalho na realização de obras de construção ou remodelação de edifícios nas zonas históricas, o seguinte esquema de actuação:

1 – Protecção passiva e activa de edifícios:

Prever construções com uma boa compartimentação corta fogo com elementos estruturais (pilares, vigas e lajes) estáveis ao fogo de classes definidas regulamentarmente e com elementos de compartimentação (paredes, portas e registos) de classes corta fogo normalizadas (15, 30, 60, 90, 120, 180, 240);

Emprego de produtos de características retardadoras da propagação do fogo ou intumescentes em todas as perfurações verticais e horizontais dos elementos de compartimentação atrás referidos;

Aplicação de materiais nos interiores dos espaços com classificação de reacção ao fogo definida por catálogos ou publicações técnicas (classes M0, M1, M2, M3, M4, M5);

Análise e inventariação da combustibilidade dos materiais que constituem o recheio dos espaços para se conhecer os riscos envolvidos e as medidas a adoptar;

Definição dos caminhos de evacuação horizontal e vertical e estudo das suas condições de ocupação com materiais e utensílios bem como sinalização e acções complementares de aviso;

Elaboração de planos de emergência em caso de incêndio com informações detalhadas á população e que possibilite uma eficaz intervenção das forças exteriores de salvamento;

Distribuição de marcos de água em sistema radial ou outro, de modo a garantir uma pressão e caudal mínimos para abranger toda a zona;

Definição de vias de acesso para os veículos de combate ao fogo de modo a possibilitar um rápido ataque em caso de sinistro. Nestas vias o estacionamento de veículos deve ser rigorosamente respeitado.

2 – Detecção e alarme de incêndios:

Especificação de detectores manuais e automáticos;

Aplicação de detectores em funcionamento autónomo ou em circuitos organizados em zonas colectivas ou em linhas endereçáveis;

Organização dos detectores de incêndio em sistemas ou sub-sistemas associados a outras funções como por exemplo detecção de inundações, detecção de gases tóxicos e explosivos, registo de alarmes técnicos, comandos auxiliares (elevadores, AVAC, portas corta-fogo), chamada de pessoas e transmissões à distância;

Funcionamento de sistemas detectores associados a sistemas de extinção (água, espuma, pó químico, gases inertes);

Transmissão de informação a entidades com capacidade para reagir e intervir em conformidade.

3 – Intervenção e combate de incêndios:

Meios de primeira intervenção tais como extintores manuais e com rodas, bocas de incêndio de mangueira flexível ou semi-rígida, redes de incêndio armada, colunas secas ou húmidas, cobertores de emergência,

acessórios de protecção individual (capacetes, fatos, luvas, botas, máscaras, garrafas de ar, lanternas, etc.);

Equipamentos de segunda intervenção a usar quer pelas equipes locais quer pelo Regimento de Sapadores, utilizando veículos extintores e moto-bomba, reservatórios de água, material de apoio, outros agentes extintores, escadas de salvação, plataformas elevatórias e mangas de salvação;

Sistemas fixos de extinção automática ou manual tais como á base de água (tipo sprinkler, tipo dilúvio, tipo pré-acção), ou água com espuma, pó químico ou anidrido carbónico;

Realização de simulacros de fogos reais em que sejam testados todos os meios disponíveis bem como as condições de acesso aos locais e avaliadas as dificuldades de intervenção.

4 – Intervenção humana:

Todas estas medidas deverão levar em linha de conta o factor humano desde as primeiras fases de concepção até à sua implementação e activação com diferentes níveis de responsabilidade e formação:

A nível de projecto por técnicos preparados nas áreas de análise de riscos, concepção de sistemas e implementação de medidas;

A nível da implementação dos sistemas por especialistas conhecedores dos produtos, das homologações e certificações bem como das capacidades, limitações e programação dos equipamentos;

A nível dos ocupantes e equipas de primeira intervenção necessidade de conhecimentos do fenómeno do fogo e do emprego do material de primeira intervenção;

A nível das forças de intervenção deve exigir-se um profundo conhecimento dos fenómenos relacionados com o fogo e do comportamento dos incêndios e das matérias envolvidas, equipamentos de combate, técnicas de intervenção e extinção bem como preparação física e moral para as necessidades de evacuação das pessoas e enfrentar situações de pânico generalizado.

Julga-se que desta forma estarão criadas as condições para uma melhor resposta dos edifícios face ao risco de incêndio nas zonas antigas da cidade e para que seja alcançado o nível de qualidade de vida que se deseja ver implementado na reabilitação urbana integrada dos Centros Históricos.

BIBLIOGRAFIA

[1] **Normas de Segurança contra Riscos de Incêndio a aplicar em Estabelecimentos Comerciais.** Decretos-Lei N.º 239/86 de 19 de Agosto e 61/90 de 21 de Fevereiro.

[2] **Regulamento de Segurança contra Incêndio em Edifícios de Habitação.** Decreto-Lei N.º 64/90 de 21 de Fevereiro.

[3] **Medidas Cautelares de Segurança contra Riscos de Incêndio em Centros Urbanos Antigos.** Decreto-Lei N.º 426/89 de 6 de Dezembro.

[4] **Normas de Segurança contra Incêndios a aplicar em Edifícios com 10 ou mais pisos e ainda a outras Edificações de Natureza Especial** (Art.º 159.º do R.G.E.U.). Diário Municipal N.º 11914 de 23 de Outubro de 1974.

[5] **Regulamento Geral das Edificações Urbanas.** Decreto-Lei N.º 38382/51 de 7 de Agosto.

[6] **Méthode de Justification par la Calcul de la Résistance au Feu des Structures en Bois.** DTU - Régles Bois Feu 88. Fevereiro 1988.

[7] Eurocode N.º 5. Part 1.2. Structural Fire Design. Final Draft (prEN 1995-1-2). Prepared by CEN TC 250/SC 5/Project Team 10. Fevereiro 1993.

[8] **Avaliação do Risco de Incêndio. Método de Cálculo.** Gabinete de Apoio da Universidade Técnica de Lisboa. 1991.

[9] Carvalho, E. Cansado e Tavares, A. Segadães - **Recuperação Estrutural após o Incêndio do Chiado de Agosto de 1988. Medidas de Emergência e Reconstrução Definitiva.** LNEC. Lisboa 1993 e Ingenium, N.º 77. Lisboa 1994.

[10] Carvalho, Maria da Graça e Arantes, Amílcar J.M. - **Modelação Física e Matemática da Propagação de Incêndios Urbanos.** LNEC. Lisboa, 1991.

[11] Coelho, António Leça - **Reacção ao Fogo de Materiais de Construção.** LNEC. Lisboa 1991.

[12] Frazão, Alda - **Organização Pública e Privada face aos Incêndios Urbanos.** LNEC. Lisboa 1993.

[13] Lameirinhas, José - **Incêndios Urbanos.** LNEC. Lisboa 1993.

[14] Neves, I.Cabrita - **Segurança contra Incêndios em Edifícios. Fundamentos.** Instituto Superior Técnico. Lisboa 1992.

[15] Porto, João Lopes - **Panorama Geral sobre a Segurança contra Incêndios em Meio Urbano.** LNEC. Lisboa 1993.

[16] Serrano, Manuel Bouza - **Detecção e Extinção Automática de Incêndios.** Seminário "Segurança em Estabelecimentos de Ensino".

[17] Silva, Cavaleiro e - **Segurança contra Incêndios em Edifícios. Enquadramento Legal Vigente e Perspectivas de Evolução.** LNEC. Lisboa.

[18] Sousa, Pedro Pontífice de - **Comportamento das Estruturas de Madeira sob a Acção do Fogo.** LNEC. Lisboa 1991.

[19] Ventura, João - **A Química e a Física do Fogo.** LNEC. Lisboa 1993.

[20] Vicente, José A. Cartaxo - **Perspectivas de Evolução dos Sistemas de Segurança contra Incêndios, em Meio Urbano.** LNEC. Lisboa 1993.

[21] Viegas, João - **Desenfumagem em Edifícios.** LNEC. Lisboa 1991.

[22] Planos Especiais de Salvaguarda de Alfama e Mouraria. Propostas para Debate Público. CML. Lisboa 1989.

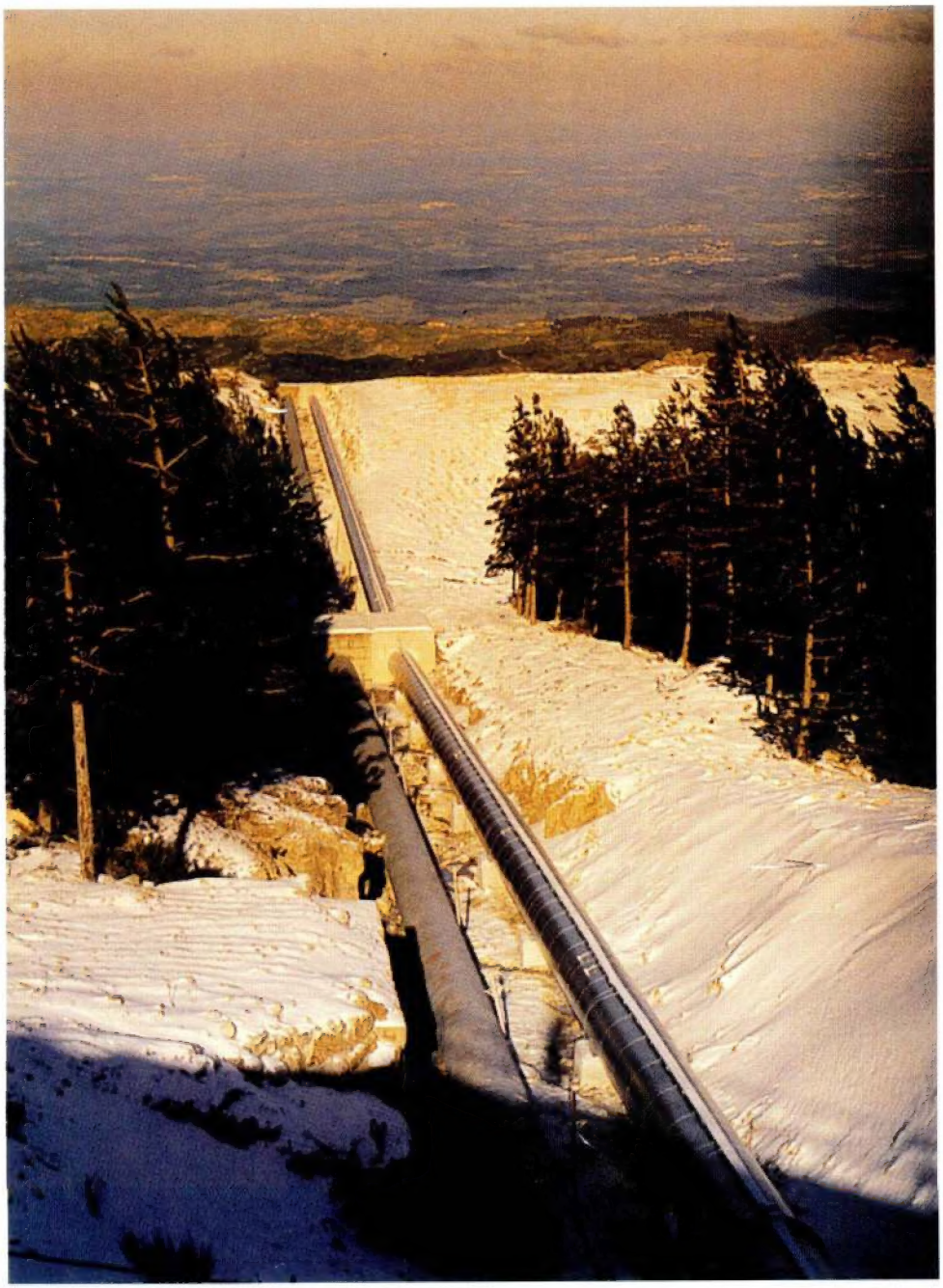
[23] Medidas Cautelares Mínimas contra Riscos de Incêndio a Aplicar aos Locais e seus Acessos Integrados em Edifícios onde Estejam Instalados Serviços Públicos da Administração Central, Regional e Local, Instituições de Interesse Público e Entidades Tuteladas pelo Estado. Resolução do Conselho de Ministros nº 31/89 de 31 de Agosto.

[24] Medidas cautelares de segurança contra incêndios em centros urbanos antigos. Lisboa, LNEC, 1989.

GRUPO EDP

HIDROCENEL
Energia do Centro, S.A.

Com sede em Seia, a sua Empresa de Produção de Energia Eléctrica



SABUGUEIRO/CONDUTAS FORÇADAS

JNICT

Ciência e Tecnologia para antecipar o futuro.

*Programa Praxis XXI**

*Programa Stride**

Programa Base de Investigação Científica e Tecnológica (PBICT)

Programas Específicos:

Ciências da Saúde

Ambiente

Ciências Sociais e Humanas

Lusitânia

Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano

Cooperação Universidade-Empresa

Formação e Mobilidade de Recursos Humanos

Fundo de Apoio à Comunidade Científica (FACC)

Cooperação Internacional em C&T

Acções de Apoio Geral ao Sistema Científico

Co-financiado pela Comissão Europeia e pelo Estado Português*

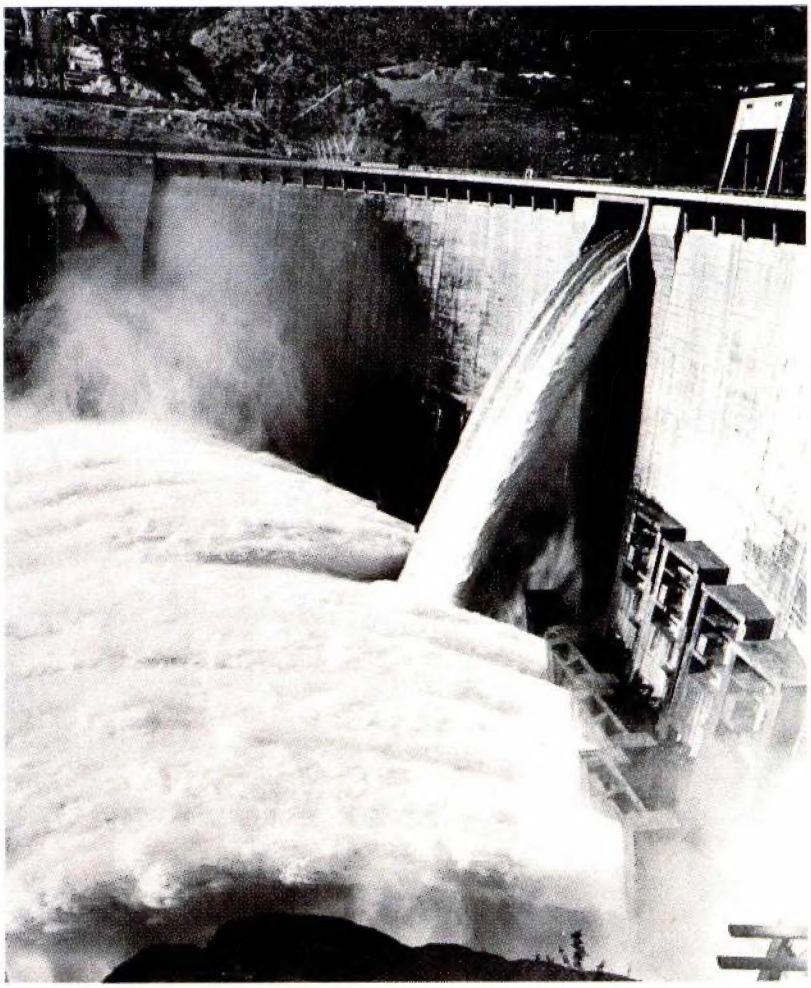
JNICT

junta nacional de investigação científica e tecnológica

Av. D. Carlos I, 126
1200 LISBOA
Telefs.: 397 90 21 / 7
Telex: 12 290 JUNIC-P
Telefax: 60 74 81
End. Teleg.: JUNIC-LISBOA
E-mail : jnict@geral.jnict.mailpac.pt

SECRETARIA DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
MINISTÉRIO DO PLANEAMENTO E DA ADMINISTRAÇÃO DO TERRITÓRIO

Central Hidroeléctrica de Cabora Bassa



O trabalho da ABB começa na produção de energia e só acaba em sua casa.

Desde que o homem aprendeu a dominar o fogo que tem vindo, ao longo de milhões de anos, a aperfeiçoar as técnicas de controlo e aproveitamento das forças da natureza, para a subsistência, benefício e para o progresso da civilização.

Nos processos de produção de energia, a ABB detém um know-how que desenvolve permanentemente, possuindo a mais avançada tecnologia para o projecto, instalação e utilização de centrais eléctricas. Porém, a Natureza continua a ser a grande matéria prima para a produção de energia e também grande alvo de preocupação para a ABB.

Assim, a ABB, para além de criar os padrões de desenvolvimento da indústria, sabe apoiar, localmente, com a tecnologia, qualidade e assistência adequados a cada projecto e cliente. Sempre com o maior respeito pelo ambiente.

ABB Mague Energia e Ambiente, S.A.
2616 Alverca Codex
Telf: 958 20 40 Fax: 957 54 27

ABB